

110 內政部建築研究所

年度 研 究 成 果 發 表 講 習 會



論文集

場次B 都市及建築防災

- 氣候變遷下以成長管理觀點研擬城鄉發展區空間規劃減洪調適韌性策略之研究-羅偉誠
- 坡地社區應用大尺寸模型驗證整合型監測設備研究-郭治平
- 多元樣態社區水患韌性推動策略與指引手冊之精進研究-邵珮君
- 高齡社會下大震災後短期避難場所設置高齡特殊避難空間參考手冊之研擬-董娟鳴

主辦單位：內政部建築研究所
中華民國111年5月

氣候變遷下以成長管理觀點研擬城鄉發展區
空間規劃減洪調適韌性策略之研究

主講人簡歷

姓名：羅偉誠

服務單位：國立成功大學水利及海洋工程學系（所）

職稱：特聘教授

聯絡電話：06-2757575-63264

傳真：06-2741463

電子信箱：lowc@mail.ncku.edu.tw

學歷：美國加州大學柏克萊分校土木及環境工程學系博士

經歷：國立成功大學水利及海洋工程學系（所）特聘教授、行政院第十屆災害防救專家諮詢委員會颱風組召集人、科技部自然司防災科技學門召集人

主要著作：

1. Hung, H.J., Lo, W. C., C. N. Chen, C. H. Tsai, “Fish’ habitat area and habitat transition in a river under ordinary and flood flow”, *Ecological Engineering*, 179, 106606, 2022.
2. Lo, W. C., S. N. Purnomo, B. G. Dewanto, D. Sarah, S. Sumiyanto, “Integration of Numerical Models and InSAR Techniques to Assess Land Subsidence due to Excessive Groundwater Abstraction in the Coastal and Lowland Regions of Semarang City”, *Water*, 14, 201, 2022.
3. Lo, W. C., Chang J. C., R. I. Borja, Deng J. H., and Lee J. W., “Mathematical Modeling of Consolidation in Unsaturated Poroelastic Soils under Fluid Flux Boundary Conditions”, *Journal of Hydrology*, 595, 125671, 2021.

中文摘要

羅偉誠¹ 吳杰穎² 蔡綽芳³ 白櫻芳⁴ 巫孟璇⁵

關鍵字：氣候變遷、成長管理、逕流分擔、減洪調適韌性策略

本研究選定橫跨數個都市計畫區之鹽水溪流域，佈置其符合都市分區之演算格網。透過鹽水溪流域各子集水區逕流分擔量，計算各都市計畫區之逕流分擔量。運用成長管理觀念(包括成長總量、區位、優先順序等)結合減洪調適韌性策略，評估易淹水範圍加以限制或降低開發強度，並應用水理模式模擬集水區內的逕流現象，分析可有效減洪之地區，以減災布局引導發展出具災害韌性的空間規劃減洪策略。

佈設逕流設施於高速公路永康交流道附近特定區計畫，對鄰近且位於下游之永康六甲頂都市計畫亦有逕流減少之影響。在重現期 10 年(275mm/24hr)降雨情境之逕流模擬下，逕流體積可有比大豪雨(350mm/24hr)降雨情境較佳之減少百分比；臺南科學工業園區特定區計畫因有較高速公路永康交流道附近特定區計畫 2 倍以上之逕流分擔措施總體積，故其逕流體積亦有較大之減少百分比。整體來說，逕流分擔措施在此兩區具有降低逕流百分比 19.32% 至 39.75% 之成效。

臺南科學工業園區特定區計畫與高速公路永康交流道附近特定區計畫，於氣候變遷降雨情境下，新訂擴大都市計畫施行前後之逕流增加體積分別為 0.68 萬立方公尺、19 立方公尺，增加百分比分別為 0.1%、0.002%。永康新化擴大都市計畫因土地使用分區類型為工業、住宅、農業，與原土地使用分區類型相近，CN 值變化不大，逕流體積增量不多。都市計畫施行後上游地區實施逕流暫存措施前後之逕流減少體積分別為 8.9 萬立方公尺、0.66 萬立方公尺，減少百分比分別為 1.28%、0.67%。

整體來說，在氣候變遷及新訂擴大都市計畫施行之影響下，逕流暫存措施在此兩區仍具有降低逕流百分比 0.67% 至 1.28% 之成效。因此，新訂擴大都市計畫施行後可考慮利用非都市計畫區之農業用地，降挖 0.5 公尺，提供補償等相關配套措施進行減洪。

¹國立成功大學水利及海洋學系 特聘教授

²臺北市立大學城市發展學系 副教授

³內政部建築研究所工程技術組 組長

⁴內政部建築研究所安全防災組 助理研究員

⁵國立成功大學水利及海洋學系 助理教授

ABSTRACT

Keywords : Climate Change, Growth Management, Runoff Allocation, Resilient Strategy for Flood Mitigation and Adaptation

This study selected the Yanshui River basin, which spans several urban planning divisions, as the study area. This study was conducted from the viewpoint of growth management and used resilient strategies for flood mitigation and adaptation to evaluate flood-prone areas and limit or reduce the intensity of development of those areas. The hydraulic model was used to simulate the runoff in catchments and analyze effective flood mitigation areas and detention locations. Resilient strategies with spatial planning are then developed while putting into consideration current drainage systems, linking green infrastructures, and the utilization of non-urban land.

Setting up runoff allocation facilities in the special district planning project near Yongkang Interchange location also reduces the runoff amounts in the Lioujiading (Yongkang) urban planning area downstream of the Yanshui River. Flood mitigation effects were better for 10-year return period rainfall than for heavy rain situations. As the size of runoff allocation facilities in The Tainan Science Park Special District planning area are about two times the size of those in the planning project near Yongkang Interchange, the reduction percentage for runoff volume was also higher. Setting up runoff allocation facilities had the effects of lowering runoff percentage by 19.32% to 39.75%.

Because of the impacts of the enforcement of new or expanded urban planning and the impacts of climate change, runoff volume for the Tainan Science Park Special District planning area and the special district planning project near Yongkang Interchange area increased by 6800 cubic meters and 19 cubic meters respectively. The CN values of the Expanded Yongkang and Sinhua urban planning area did not vary greatly from original values due to the types of land use remaining much the same, and runoff increases remained small as a result. Runoff temporary storage can be reduced by 0.67% to 1.28% for the Tainan Science Park Special District planning and the special district planning project near Yongkang Interchange areas when under the effects of climate change and the enforcement of new or expanded urban planning. After the enforcement of new or expanded urban planning, non-urban planning for detention in agricultural use land or compensation measures can be put under consideration.

壹、緒 論

一、研究動機與目的

由於都市的開發行為會造成大面積鋪面減少入滲土壤的水分、增加地表逕流及改變流路，因而造成洪災風險的增加。受到氣候變遷的影響，亦可能加劇水文環境的變化，故運用成長管理觀念(包括成長總量、區位、優先順序等)結合空間規劃之減洪調適韌性策略，以達到提升未來城鄉發展地區之災害調適韌性能力有其必要。以集水區為例，針對不同的地區應採用不同的管制方式。對於有效減洪地區，可透過附帶條件開發或獎勵等方式進行管制；對於有效滯洪地區，可透過都市計畫公共設施用地多目標使用之方式，讓公共設施用地兼供滯洪或減洪使用，以增加洪水之滯留能力；對於新開發或未來預計開發之土地，則可利用成長管理的方式，規劃其成長管理邊界、成長區位及優先發展順序等，以彙整整體性之減洪調適韌性策略，俾供未來地方層級國土計畫及都市計畫規劃、通盤檢討、審議及開發管理參考，亦期能朝向聯合國永續發展目標—永續城市與社區(Sustainable Cities and Communities)及氣候行動(Climate Action)邁進。

近年來，隨著都市快速發展及極端降雨事件的影響，洪災事件頻傳，都市防災以傳統工程手段做為因應策略亦已趨近極限。面對此一困境，思考以流域整體治理觀點所提出的治水方式成為重要之輔助作法，透過土地使用管制、減災策略等非工程措施進行滯洪及減洪，漸次提高都市防洪能量，強化都市減災、調適能力，俾確保民眾生命財產安全。本研究藉由分析單一集水區之易淹水區，以成長管理觀點研擬因應氣候變遷之城鄉發展區空間規劃減洪調適韌性策略。

貳、研究內容

一、研究案例選定及資料蒐集

在進行研究地區淹水模擬演算之前，需先收集地文性淹排水模式之演算研究地區水文及地文之相關資料，以建置模式輸入檔及佈置演算格網。根據臺南市政府民政局統計資料，近五年人口呈正成長之行政區，除仁德區以外，均位於鹽水溪流域，顯見流域內人口逐年成長，具都市發展潛力。另依據臺南市國土計畫內容，推估民國 125 年產業用地之新增需求後，為因應新增產業用地總量需求，考量土地取得、基地完整性、產業群聚情形、避免位於環境敏感地區等原則，提出未來適切發展的產業用地區位，中核心基地共 5 處，均位於鹽水溪流域。善化、新市、安定等行政區亦列為第一階段優先辦理整體規劃地區，足見流域內城鄉發展成長管理之需求。綜上所述，本研究選定鹽水溪流域為研究案例，其都市計畫區分布如圖 1 所示，並蒐集其水文、地文等資料分述如下。

1. 水文資料

水文資料包括雨量、水位、流量及潮位等，降雨歷程作為本研究地文性淹排水模式之演算輸入水文條件，潮位歷程為模式演算之下游邊界條件，水位及流量則可供模式進行檢定與驗證之用。鹽水溪流域內中央氣象局及水利署所轄測站分別為 14 站及 2 站。水利署架設之水位站有 10 站，臺南市政府架設之水位站有 20 站，其中鹽水溪新市站亦記錄流量資料。本研究蒐集鹽水溪河口水利署四草站潮位資料作為下游演算條件。前述雨量測站及水文測站分布位置如圖 2 至圖 3 所示。

2. 地文資料

地文資料包括地形地勢、交通系統、土地利用、都市計畫土地使用分區、水利設施、都市計畫概況等，可作為本研究地文性淹排水模式布

置研究都市非結構性格網之依據。

鹽水溪流域之高程，大致為西向東遞減，除臺南市山上區、新化區、左鎮區、關廟區及龍崎區地勢較高達 50 公尺以上，其餘為高程皆為小於 50 公尺的平原及沿海地區。聯外交通除高鐵及臺鐵外，尚有國道一號、國道三號、國道八號、臺 86 線、臺 1 線、臺 3 線、臺 17 線、臺 17 甲線、臺 17 乙線、臺 19 線、臺 19 甲線、臺 20 線、臺 39 線及縣道 178、180、182 與其他市區道路等。

根據內政部營建署城鄉發展分署民國 106 年至 108 年都市計畫土地使用分區資料，鹽水溪流域內涵蓋臺南市主要計畫、臺南市安平港歷史風貌園區特定區計畫、臺南科學工業園區特定區計畫、高速公路永康交流道附近特定區計畫、永康六甲頂都市計畫、新市都市計畫、新化都市計畫、善化都市計畫、安定都市計畫、歸仁都市計畫、關廟都市計畫及虎頭埤特定區計畫等 12 個都市計畫區，其土地使用分區如圖 4。本研究針對上述都市計畫區之住宅區、商業區、工業區及農業區進行整理，並蒐集近期公布之通盤檢討報告書大部分都市計畫相關分區開闢率。

根據臺南市水利局地理資訊平台資料，流域內水門共 307 處，滯洪池 19 處(總滯洪量 361.612 萬噸)，固定式抽水站 25 站(總抽水量 249.6cms)及移動式抽水站 38 站，水門、滯洪池及抽水站分布如圖 5 至圖 7 所示。



圖 1 鹽水溪流域內都市計畫區及特定區地理位置分布圖



圖 2 鹽水河流域雨量站分布圖



圖 3 鹽水河流域水文站分布圖

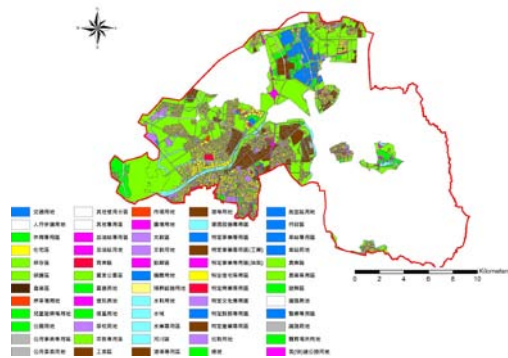


圖 4 鹽水河流域都市計畫土地使用分區



圖 5 鹽水河流域水門分布圖



圖 6 鹽水河流域滯洪設施分布圖



圖 7 研究區域內抽水站分布圖

二、地文性淹排水模式建置與演算分析

本研究分析研究區域內之地形地貌，佈置演算格網，以擬似二維流觀念建置城鄉發展區空間減洪水理演算模式演算核心，應用於氣候變遷下以成長管理觀點研擬城鄉發展區空間規劃減洪調適韌性策略之研究。依地文資料將演算範圍布置為相對均勻且適當之演算格網，演算格區之形狀及大小，因地形、地貌、地物而異。圖 8 為以上述原則劃分之演算

網格，演算範圍面積約 343.17 平方公里，共 7,433 格，格網精度為 705.8 平方公尺至 384,622 平方公尺。再以數值地形高程並參考河道大斷面測量資料建置地文性淹排水模式之演算地形條件，並以民國 108 年 0813 豪雨作為演算案例，演算之淹水範圍如圖 9 所示，淹水範圍位於永康排水與鹽水溪匯流處附近、安南區新吉工業區周邊及十二佃附近，下游安南區鹽水溪以北至鹽水溪排水及鹽水溪排水以北則多為魚塢區。鹽水溪新市測站、安順橋測站及鹽水溪排水郡安路三段測站模擬與實測水位資料與納許效率係數 NSE 值(均在 0.6 以上)如圖 10 所示，模式模擬之峰值、發生時間與實測水位相比趨勢相同。

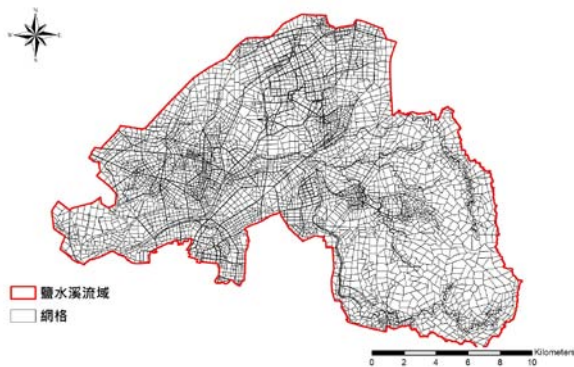


圖8 鹽水溪流域演算格網布置



圖9 研究區域於0813豪雨期間模式演算之淹水範圍與淹水站之水深比較圖

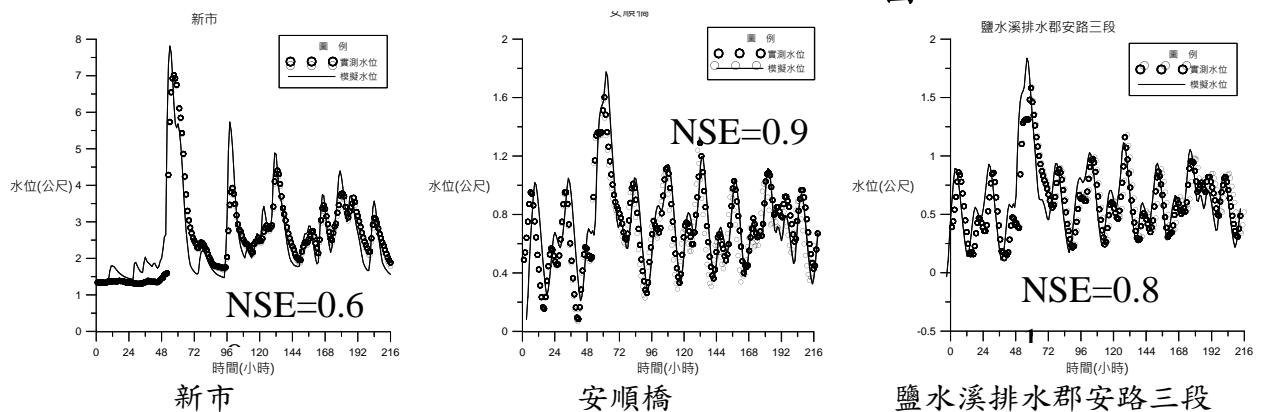


圖10 0813豪雨期間模式演算之洪水歷程與測站實測資料比較圖

參、研究發現

一、逕流分擔應用於都市計畫土地使用分區之減洪調適策略

隨著都市快速發展，大量的建築與開發大幅增加不透水性鋪面的使用，相對地減少自然植生的被覆面，導致雨水滲入地面的機會大減，提高都市洪水的發生率。過去都市防洪的觀念，是在降雨發生時，透過工程手段儘速將雨水排除，但此做法卻造成都市公共排水設施的負擔，當短延時強降雨發生時，反而容易淹水。若防洪不考慮土地透水保水的程度，將造成環境的破壞及經費的耗損，應透過「成長管理」的手段，配合「土地使用分區管制」規定開發行為之逕流分擔需求量，才能有效提升土地之承洪能力。依據前述淹水模擬結果，選擇臺南科學工業園區特定區及高速公路永康交流道附近特定區，作為實施減洪調適策略之示範區。係因該範圍內具有淹水風險，且兩者發展情況差異較大，前者除科學工業園區外之地區多仍未開發；後者為都市計畫開發率較高之地區。針對不同開發程度之都市計畫地區，其所適用之逕流分擔措施亦不相同。

高速公路永康交流道附近特定區計畫，因發展較早，目前住宅區及工業區開闢率已超過 85%、商業區開闢率亦將近 70%。臺南科學工業園區特定區計畫現況則以科學工業園區為主要發展地區，外圍部分區塊仍尚未開發。選定兩個開闢率差異之操作地區，透過分析其土地使用分區及公共設施用地分別占計畫面積之比例，找出可操作逕流分擔措施之用地項目別，並考量其土地使用發展率及公共設施開闢率，篩選出適合該區域之逕流抑制及逕流暫存措施。依據「變更臺南科學工業園區特定區計畫(科學園區部分)(第三次通盤檢討)案」、「變更臺南科學工業園區特定區計畫(不含科學園區部分)(部分農業區為科學園區範圍)(配合南科臺

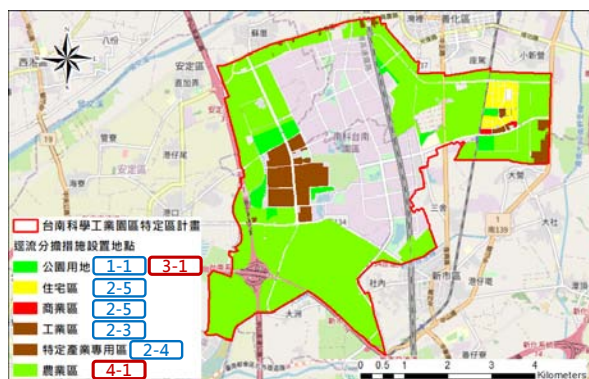
南園區擴建計畫)案」及「變更高速公路永康交流道附近特定區計畫(第四次通盤檢討)(土地使用分區管制要點)(第一階段)案」之計畫書內容，整理其可操作逕流抑制及逕流暫存措施之土地使用分區及公共設施用地後，將該分區(用地)占整體都市計畫面積比例超過 1%者作為可操作之對象。

臺南科學工業園區特定區計畫(科學園區部分)因住宅區占計畫面積比例不到 1%，又事業專用區發展率大於 90%，若要設置逕流抑制措施相較困難；在公共設施部分，綠地用地開闢率亦達 93.88%。故調整適合操作逕流抑制措施之土地使用分區(或公共設施用地)為公園用地及公園(兼滯洪池)用地，操作逕流暫存措施之土地使用分區(或公共設施用地)為公園用地及公園(兼滯洪池)用地。臺南科學工業園區特定區計畫(不含科學園區部分)土地及公共設施多尚未開發，故僅以其分區(用地)占整體都市計畫面積比例超過 1%者作為可操作之對象，調整適合實施逕流暫存措施之土地使用分區(或公共設施用地)為公園用地、公園(兼滯洪池)用地及農業區。高速公路永康交流道附近特定區計畫為既有發展地區之土地使用發展及公共設施開闢程度較高，住宅區、工業區及零星工業區之發展率皆超過 80%，機關用地之開闢率更達 94.96%，若要設置逕流抑制及逕流暫存措施較困難。故調整適合操作逕流抑制措施之土地使用分區(或公共設施用地)為商業區、公園用地及學校用地，操作逕流暫存措施之土地使用分區(或公共設施用地)為公園用地、學校用地及農業區。將前述逕流抑制措施及逕流暫存措施佈設於臺南科學工業園區特定區計畫及高速公路永康交流道附近特定區計畫區內，措施位置分布如圖 11 所示，其逕流分擔總體積分別為 552.8 萬立方公尺與 268.6 萬立方公尺。以鹽水溪原治理規劃之重現期 10 年降雨(275mm/24hr)與氣象局雨量分

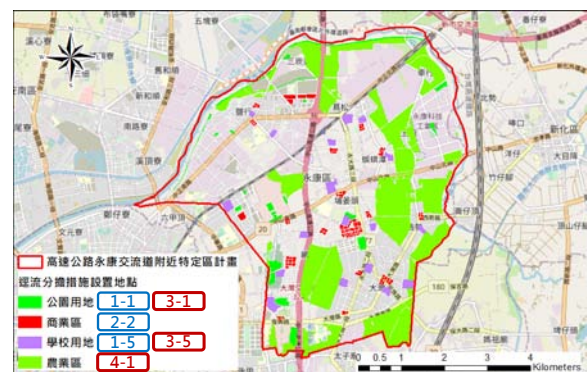
級定義之大豪雨(350mm/24hr)作為定量降雨分析之演算情境，下游演算邊界採用臺南沿海重現期 10 年之潮位，進行逕流分擔佈設後之逕流演算，此兩區佈設逕流分擔措施前後之淹水體積減幅如表 1 所示。由表 1 可知佈設逕流設施於高速公路永康交流道附近特定區計畫，對鄰近且位於下游之永康六甲頂都市計畫亦有逕流減少之影響。在重現期 10 年降雨情境之逕流模擬下，逕流體積比大豪雨降雨情境具較佳之減少百分比；臺南科學工業園區特定區計畫逕流分擔措施總體積高於高速公路永康交流道附近特定區計畫 2 倍以上，故其逕流體積亦有較大之減少百分比。逕流分擔措施在此兩區具有降低逕流體積百分比 19.32% 至 39.75%、面積百分比 63.5% 至 77.11% 之成效。

表 1 佈設逕流抑制措施與逕流暫存措施前後之淹水體積減幅

都市計畫	定量降雨演算情境			
	275mm/24hr		350mm/24hr	
減幅	體積	面積	體積	面積
臺南科學工業園區特定區計畫	39.75%	63.87%	24.50%	63.50%
高速公路永康交流道附近特定區計畫	24.19%	72.99%	19.32%	77.11%
永康六甲頂都市計畫	6.17%	4.36%	1.90%	5.13%



(a)臺南科學工業園區特定區計畫



(b)高速公路永康交流道附近特定區計畫

圖 11 佈設逕流分擔措施位置分布圖

二、氣候變遷下以水環境為基礎之成長管理計畫

氣候變遷之影響使得暴雨導致的洪災頻傳，傳統防洪工程手段已無法因應氣候變遷帶來之衝擊。為減少都市地區的淹水風險，若能將位於「既有都市計畫地區周邊之土地」或「流域中上游之非都市土地」，推動相關逕流暫存措施，透過將整體流域之逕流狀況納入成長管理機制中，使其範圍內得以容納更多降雨逕流，將可減少流域下游地區之淹水風險。

未來當「新市」及「永康新化」新訂擴大都市計畫實施後，勢必會提升鹽水溪流域周邊土地淹水風險，在氣候變遷影響下，洪災發生的頻率增加，對民眾生命財產的安全造成威脅。如要減緩洪災的發生，與水共存及還地於河是相當重要的概念，未來針對非都市土地可執行之策略包括：(1) 將範圍內合適土地做為水的留置區域，以達到與水共存之目的。(2) 結合水、自然、沼澤等環境，創造圍繞水的小型生活及遊憩空間。(3) 將生產性農作集中於生產力高之區域；非高生產力地區，經評估後將其還地於水(姜芝妍、羅振倫、陳俊傑，2017)。本研究模擬氣候變遷之降雨情境，推估鹽水溪流域整體逕流量的變化；透過成長管理的觀點，利用上游非都市土地實施相關減洪調適措施，並推估中下游未來發展地區逕流量之變化。操作之步驟如下：(1) 挑選流域上游非都市土地(其使用分區為一般農業區、使用編定為農牧用地之土地)；(2) 劃設與下游欲實施新訂擴大都市計畫相同面積之土地，以操作減洪調適措施。「新市」為縫合型之新訂擴大都市計畫，面積為 588 公頃；「永康新化」為產業型之新訂擴大都市計畫，面積為 434 公頃。分別選取其子集水區上游非都市約 500 公頃(與該新訂擴大都市計畫相同面積)之土地，範圍如圖 12 所示。考量農牧用地可能包含農舍、農作產銷措施等使用，故

選取範圍內農牧用地 60%的土地，即於兩新訂擴大都市計畫上游分別劃設 300 公頃之農牧用地，透過農地降挖 50 公分之方式設置逕流暫存措施，減少流域整體逕流量，實現以成長管理觀點進行之減洪調適規劃。本研究採用國家災害防救科技中心所提供動力降尺度雨量資料(AR5 基期(1980~2008)以及 RCP8.5 情境 21 世紀中(2039~2065))之 4 組系集時雨量資料進行頻率分析，並分析模擬 2、5 及 10 年重現期雨量相較於基期重現期雨量之變化比例，做為現況重現期雨量增減幅度之參考。考慮都市土地耐洪能力，選擇重現期 2 年雨量增幅較小的 C0 為氣候變遷雨量演算情境，應用上述氣候變遷情境重現期 10 年降雨條件，下游演算邊界採用臺南沿海重現期 10 年之潮位，進行新訂擴大都市計畫施行後上游地區實施逕流抑制措施前後之逕流模擬演算。臺南科學工業園區特定區計畫與高速公路永康交流道附近特定區計畫於氣候變遷降雨情境下，新訂擴大都市計畫施行前後之逕流增加體積分別為 0.68 萬立方公尺、19 立方公尺，增加百分比分別為 0.1%、0.002%。永康新化擴大都市計畫因土地使用分區類型為工業、住宅、農業，與現況土地使用分區類型相近，CN 值變化不大，逕流體積增量不多。兩個都市計畫在氣候變遷降雨情境下，都市計畫施行後上游地區實施逕流暫存措施前後之逕流減少體積分別為 8.9 萬立方公尺、0.66 萬立方公尺，減少百分比分別為 1.28%、0.67%；逕流減少面積分別為 174.34 萬平方公尺、75.55 萬平方公尺，減少百分比分別為 15.44%、15.26%。在氣候變遷及新訂擴大都市計畫施行之影響下，逕流暫存措施在此兩區仍具有降低逕流體積百分比 0.67%至 1.28%之成效。新訂擴大都市計畫施行後可考慮利用非都市計畫區之農業用地降挖 0.5 公尺，提供補償等相關配套措施進行減洪。



圖 12 新訂擴大都市計畫範圍及上游地區實施逕流抑制措施範圍圖

肆、結 論

- 一、佈設逕流設施於高速公路永康交流道附近特定區計畫，對鄰近且位於下游之永康六甲頂都市計畫亦有逕流減少之影響。在重現期 10 年(275mm/24hr)降雨情境之逕流模擬下，逕流體積減少百分比相較於大豪雨(350mm/24hr)降雨情境為佳；臺南科學工業園區特定區計畫因逕流分擔措施總體積較高速公路永康交流道附近特定區計畫多 2 倍以上，故逕流體積亦有較大之減少百分比。逕流分擔措施在此兩區具有降低逕流百分比 19.32% 至 39.75% 之成效。
- 二、臺南科學工業園區特定區計畫與高速公路永康交流道附近特定區計畫，於氣候變遷降雨情境下，新訂擴大都市計畫施行前後之逕流增加體積分別為 0.68 萬立方公尺、19 立方公尺，增加百分比分別為 0.1%、0.002%。
- 三、臺南科學工業園區特定區計畫與高速公路永康交流道附近特定區計畫，於氣候變遷降雨情境，都市計畫施行後上游地區實施逕流暫存措施前後之逕流減少體積分別為 8.9 萬立方公尺、0.66 萬立方公尺，減少百分比分別為 1.28%、0.67%。在氣候變遷及新訂擴大都市計畫施行影響下，逕流暫存措施在此兩區仍具有降低逕流百分比 0.67% 至 1.28% 之成效。新訂擴大都市計畫施行後可考慮利用非都

市計畫區之農業用地降挖 0.5 公尺，提供補償等相關配套措施進行減洪。

伍、參考文獻

1. 內政部營建署城鄉發展分署，「直轄市、縣(市)國土計畫規劃手冊」，2019。
2. 姜芝妍、羅振倫、陳俊傑，「從都市規劃思維來看韌性城市」，新北市政府城鄉發展局，新北市政府 106 年自行研究計畫，2017。
3. 經濟部水利署，「逕流分擔技術手冊」，2020。
4. 臺南市政府，「臺南市國土計畫」，2021。
5. 臺南市政府都市發展局，「變更仁德都市計畫(主要計畫及細部計畫分離專案通盤檢討)(土地使用分區管制要點)細部計畫書」，2019。

坡地社區應用大尺寸模型驗證整合型監測設備研究

主講人簡歷

姓 名：郭治平

服務單位：明新科技大學防災技術研究中心

職 稱：主任

聯絡電話：03-5593142-2610

傳 真：無

電子信箱：picnic.kuo@must.edu.tw

學 歷：台灣科技大學營建工程系工學博士

經 歷：明新科技大學產學營運處營運長、研究發展處研發長、土木工程與環境資源管理系副教授、助理教授；中興工程顧問集團環興科技股份有限公司大地水保部組長兼計畫經理

主要著作：

1. Chihping Kuo*; H. J. Liao, 2021, “Challenge of Using Groundwater for Buildings Air Conditioning in Subtropical Areas”, Vol.14, Sustainability. (SCI)
2. Chihping Kuo*, 2021, “Ground-Penetrating Radar to Investigate Mud Pumping Distribution along a Railway Line”, Vol. 290, Construction & Building Materials. (SCI)
3. Kuo-Shih Shao, An-Jui Li*, Chee-Nan Chen, Chen-Hsien Chung, Ching-Fan Lee, Chih-Ping Kuo, 2021, “Investigations of A Weathered and Closely Jointed Rock Slope Failure Using Back Analyses”, Vol.13, Sustainability. (SCI)
4. Fuchen Teng, Chihping Kuo, 2022, “Thermal and Chemical Effects on Buffer Materials in a Rad-Waste Disposal Repository: Experiments and Numerical Simulation by a Double-Structure Hypoplastic Model”, the 20th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical

- Engineering (20th ICSMGE), Sydney, Australia.
5. Chihping Kuo*, 2018, “Detecting of Mud Pumping Using Tubing-Floater Device”, GeoMEast 2018 International Congress and Exhibition, Cairo, Egypt(EI)
 6. Chihping Kuo*, Tzushan Shen, Meichun Liu, Shengbing Yang, Zhiyuan Ji, 2018, “Estimating the Influence of Saturation on Investigating Fouled Railway Ballasts Using Ground-penetrating-radar”, International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2018, the 38th annual symposium of the IEEE Geoscience and Remote Sensing Society (GRSS), Valencia, Spain, (EI)
 7. Chihping Kuo*, Chihhao Hsu, Chinwei Wu, 2017, “Study on the Piping Path and Mechanism of Mud-pumping in Railway Subgrade”, the 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (19th ICSMGE), Seoul, Republic of Korea (EI)
 8. C. Kuo*, C. Hsu, C. Wu, D. Chen, 2017, “Study on the Mechanism and Inspection Method of Railway Pumping”, the 10th International Conference on Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields (BCRRA2017), Athens, Greece (EI)
 9. H.J. Liao, and C.P. Kuo*, 2016, “Use Underground Reservoir in Taipei Basin as Cooling Source for Air Conditioners”. 1st International Conference on Energy Geotechnics, ICEGT 2016, Kiel, Germany. (EI)

中文摘要

郭治平¹ 鄧福宸² 陳宏燊³ 吳晉維¹ 劉美君¹

關鍵字：坡地社區、監測、大尺寸模型試驗、邊坡維護修繕管理值

近年極端降雨事件頻傳，邊坡監測及防災預警實為山坡地社區安居之重要議題，山坡地社區開發需施作擋土設施，周緣邊坡也存在崩塌威脅，然以往山坡地社區監測多以人工定時記錄，常遭遇山坡地社區局部降雨及邊坡位移資訊無法即時協勤防災管理。鑑此，基於內政部建築研究所(以下簡稱建研所)委託本團隊執行之前期計畫「坡地社區智慧防災系統研發驗證—推估社區整合型監測儀器安全管理值大尺寸試驗模型建置」、「坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發—預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化」、「山坡地社區智慧防災系統精進—人工邊坡智能感測器研發與雲端系統擴充應用」成果，已研發適用各種邊坡之土壤邊坡智能感測器與人工邊坡智能感測器，係整合微機電感測器、無線傳輸技術與雲端分析技術，建構適合山坡地社區邊坡智慧防災監測儀器，提升邊坡災害預防及應變作為，將山坡地社區防災層面提升至人工邊坡局部危害徵兆觀測精度與建立智慧防災網絡。結果顯示，本研究以大尺寸模型試驗，克服過去在示範社區無法驗證整合型監測儀器之問題。首先以常用市售邊坡安全穩定分析軟體進行可能邊坡滑動安全性，規劃出 2M 寬、4M 長、2M 高之土槽容量，模擬自然邊坡與人工擋土邊坡，並進行模型土槽降雨模擬與相關邊坡安全數據監測，包括降雨量、地下水位、地層變位、擋土牆傾斜度、裂縫、土壤水分等。經過多次模擬不同降雨情境造成之邊坡失穩滑動行為、擋土牆變位等監測，足以驗證本系統之穩定性，並供後續訂定管理對策之參考。

¹明新科技大學防災技術研究中心

²國立臺灣科技大學營建工程學系

³蘭陽技術學院建築與室內設計系

Abstract

Keyword: Hillside Residential Communities, Monitoring, Large-scale Model Test, Monitoring Threshold Values Evaluation

Over the years, the Architecture and Building Research Institute, ABRI has continuously conducted a series of studies on the "Feasibility Study of Smart Disaster Prevention System for Hillside Community". The results of hardware development are quite fruitful, and related results have received positive responses from community residents and the industry. However, in terms of practical operation, due to the fact that the demonstration sites have not suffered heavy rainfall or earthquakes and other natural disasters in recent years, and the demonstration sites are all located in communities, large-scale destructive experiments cannot be carried out, and relevant damage parameters cannot be obtained. Become one of the biggest issues facing this series of research. On the other hand, due to the high cost of existing monitoring equipment in the market, the weather resistance of self-developed monitoring equipment must also be tested. Therefore, it is very important to conduct large-scale tests to estimate the safety management value of community monitoring equipment. Since the relevant tests can obtain a lot of operating parameters from customized conditions, the expected derivative results will also be quite critical, such as verifying the monitoring and management values of artificial slopes and natural slopes, building the Internet of Things for disaster prevention on slopes, and visual advocacy, etc. However, the model is close to full size, including slopes, retaining facilities, rainfall facilities, loading facilities, etc.

Considering the time and period of construction to obtain representative results, it will be implemented in two years. In 2020, the field selection and model setting, installation of related instruments have been completed, and the load has been increased and the actual earth stress has been simulated. In 2021, non-destructive testing and high-speed destructive tests will be carried out to obtain the physical and mechanical behavior before and after the failure. During the period, three-dimensional images and videos were taken to reproduce the appearance of slope damage in a realistic manner; the aforementioned results were integrated to formulate and verify the management values of monitoring instruments in various situations, and large-scale seminars were held to promote the series of research and development results.

壹、緒 論

近年極端降雨事件頻傳，邊坡監測及防災預警實為山坡地社區安居之重要議題，山坡地社區開發需施作擋土設施，周緣邊坡也存在崩塌威脅，然以往山坡地社區監測多以人工定時記錄，常遭遇山坡地社區局部降雨及邊坡位移資訊無法即時協勤防災管理。

鑑此，基於內政部建築研究所(以下簡稱建研所)委託本團隊執行之前期計畫「坡地社區智慧防災系統研發驗證—推估社區整合型監測儀器安全管理值大尺寸試驗模型建置」等成果，已研發適用各種邊坡之土壤邊坡智能感測器與人工邊坡智能感測器，係整合微機電感測器、無線傳輸技術與雲端分析技術，建構適合山坡地社區邊坡智慧防災監測儀器，提升邊坡災害預防及應變作為，將山坡地社區防災層面提升至人工邊坡局部危害徵兆觀測精度與建立智慧防災網絡。

在前期計畫執行過程中發現，如何兼顧提升儀器耐候性與降低開發、維運成本，方可順利推廣給坡地社區。因此開發低功耗與低成本之感測器與傳輸技術以降低設置與電力消耗成本，為本研究案於工程技術上之重要成果；藉由政府公部門或產險事業等單位推行給坡地社區居民使用，為本研究案於產品商轉技術上之重要課題。為使坡地社區監測項目更趨完善，除了過去已經開發之降雨量、地層變位量、裂縫變化量、土壤含水量、結構物傾斜量、結構物(或地表)加速度之感測與監測、降雨量、地下水位(地下水壓)與地錨荷重變化等監測項目。上述之監測成果除彙整至建研所已開發建置之防災資訊平台外，並進行回饋分析，已提出監測物理量對應之管理值，供社區管理單位與居民面臨邊坡產生微變化而至於巨大變化前，尋

求工程技術支援之參考依據。過去相關之研究實驗過程多藉由示範社區進行，雖然大部分社區願意配合，然而倘若實驗過程造成既有擋土設施損害，可能非研究單位與經費所能復原。但是實際地破壞或災害卻是各種監測數據與模式驗證之重要依據，因此在各種研究方法與成果皆備階段，若能藉由大尺寸模型試驗進行相關研究成果之驗證，相信能使這些研究成果更具可信度與應用性，對於推廣也更有助益。

貳、研究內容

一、研究目標

邊坡之致災因子，如強降雨、地震、地下水等，近年來成為研究邊坡滑動或崩塌之熱門關鍵議題，對於瞭解破壞機制有重要助益。然而，實際邊坡崩坍災害發生時機及區塊難以預測，對於保護邊坡周遭居民之生命財產安全，即時的示警系統仍是必須。鑑於邊坡發生前常有局部危害徵兆，如能藉由自動化智能監測網絡，偵測危害徵兆並針對該區域發布示警，將可使居民免於災害威脅。而上述之工作，有賴於大尺寸模型試驗之實驗參數取得後回饋分析並進行管理值訂定方法驗證，才能使管理值更接近實際應用需求。

二、大尺寸試驗模型之建置

(一)研究場域概述

本計畫模型採用 20 呎貨櫃進行改良，內部配置如圖 1，底部以不透水帆布鋪設，以模擬自然邊坡與人工邊坡於降雨後之水位變化，內部改良後情形如圖 2 所示。進行土槽內部填土前，為使傾斜管之變化情形可真實反映邊坡實際破壞，將傾斜管底部固定於下方，也較

符合其底部裝設於不動點之意義。水位井開篩並包覆紗網做透水處理，邊坡本體設置完成如圖 3 所示。

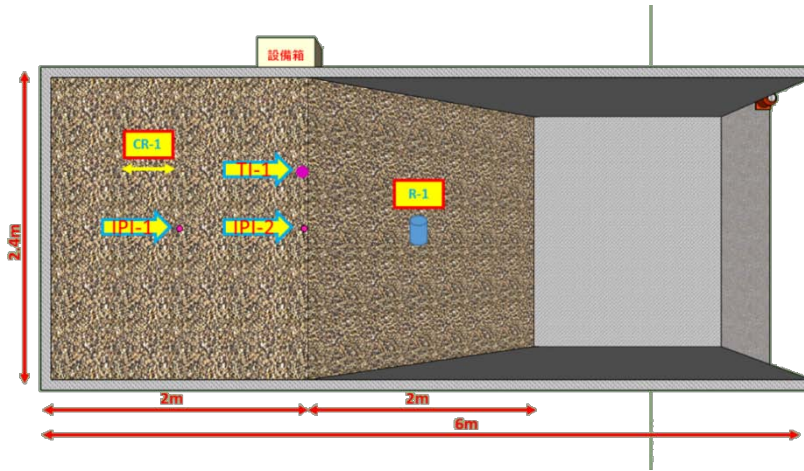


圖 1 大尺寸邊坡模型配置圖



圖 2 土槽內部鋪設不透水帆布，上圖 3 大尺寸試驗模型傾斜管埋設完成
方保留 20cm 鋼板。成

(二)不同地層材料、層面與坡面配置

為模擬不同地層材料在本研究之行為，選用明新科大校園在地土壤，以及調配至接近過去致災歷史土壤配比進行實驗。

為模擬不同坡面植生狀態對入滲與邊坡穩定之影響，分別採用自然植生、鋪蓋草毯與完全裸坡等情境進行。

為模擬不同層面對邊坡穩定影響，採用千斤頂頂昇土槽。

為模擬不同形式之邊坡，採用自然邊坡(無砍坡腳如圖 4a、砍坡腳如圖 4b)與人工構造邊坡(如圖 4c)。



(a)未砍坡腳自然邊坡

(b)砍坡腳自然邊坡

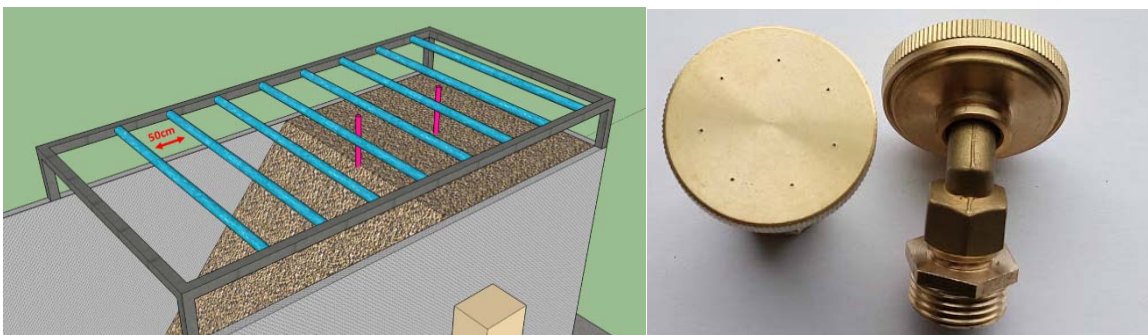
(c)人工邊坡

圖 4 模擬不同形式邊坡

(三)不同降雨情境之入滲設施

為研究不同降雨強度延時與地層下之影響，本研究以霧化噴頭(圖 5(b))模擬降雨水源，其噴頭經測試後噴灑範圍可均勻完整覆蓋驗邊坡之範圍，且無過多重疊，並將其架設於試驗土槽上方，如圖 5(a)所示。

本計畫將於人工降雨裝置之總水閥加入流量計，以便控制端直接調整水流輸出量，更精確掌握實際降水情形，以模擬不同降雨強度與延時部分。根據中央氣象局(2015)對於雨量分級定義，本計畫預定持續以此進行不同分級降雨模擬，以測試邊坡地層對應之破壞。對於不同降雨情境對於土壤入滲達到飽和與地下水位上升相關實驗與研究皆發現，最困難者為地下水位上升與降雨組體圖間之關係，其關係對於本研究推估地層滑動機制與安全監測管理值影響甚大。



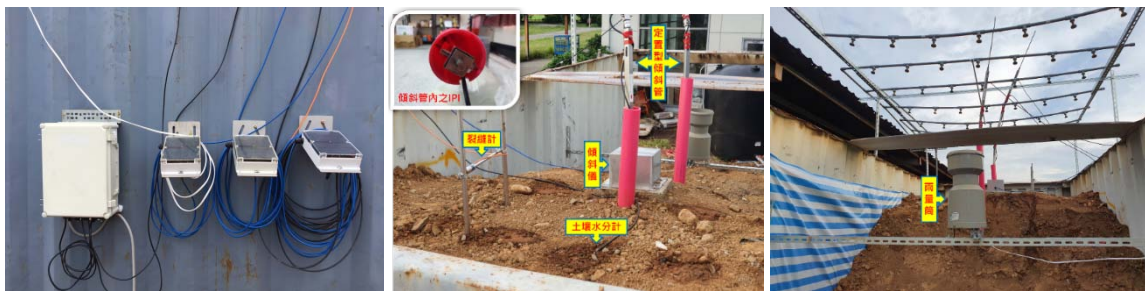
(a)灑水裝置共 8 組，間隔 50cm

(b)專用灑水頭

圖 5 設置模擬不同降雨情境之灑水設施

(四)精進與持續本系列研究之儀器

本年度研究採用之監測儀器可即時監測與回傳至後端。為有利未來於社區推廣本監測系統，本次計畫於試驗模型中採用低功耗無線傳輸技術 WSN，連接現場之水壓計、裂縫計、傾斜儀以及雨量筒，設備配置情形如圖 6 所示，回傳至儀器箱之 WSN Gateway，IPI 則因資料量較大，目前另以 Data Logger 連結，最後以 4G 回傳至本中心資料庫。



(a) 整合感測器

(b) 各項監測設備

圖 6 本研究現場裝設完畢照片

參、研究發現

一、不同情境下邊坡穩定模擬成果

本研究針對不同土層材料、降雨條件、邊坡形式、層面角度、坡面植生、坡腳型態等條件進行多種情進模擬，本節僅摘錄發生明顯邊坡變化與破壞案例中之自然邊坡與人工邊坡兩案例進行說明。

自然邊坡試驗照片如圖 7 所示，監測數據如圖 9 所示；人工邊坡試驗照片如圖 8 所示，監測數據如圖 10 所示，其試驗條件如下所示；

土層材料：接近純粉土(模擬政大御花園後方邊坡土壤)

層面角度：約 11 度

坡面植生：裸坡

坡腳型態：砍腳呈垂直坡面



(a)滑動前



(b)滑動後

圖 7 自然邊坡滑動前後正視照片



(a)滑動前



(b) 滑動後

圖 8 人工邊坡滑動前後正視照片

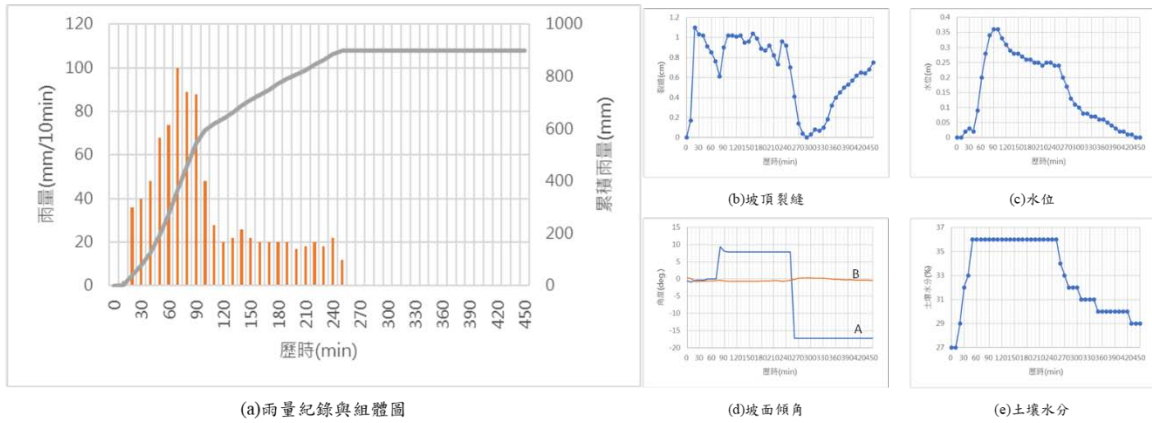
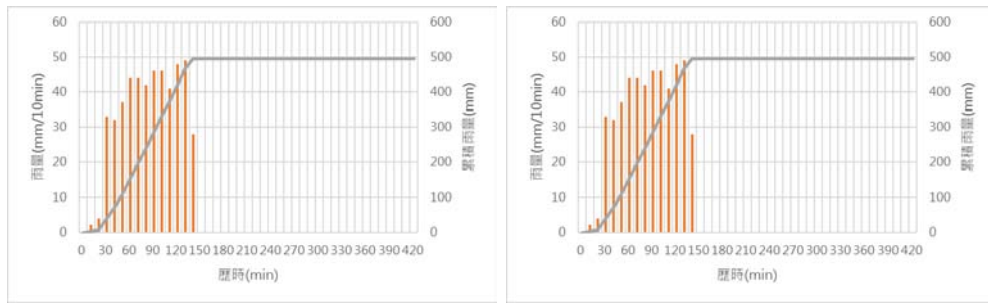
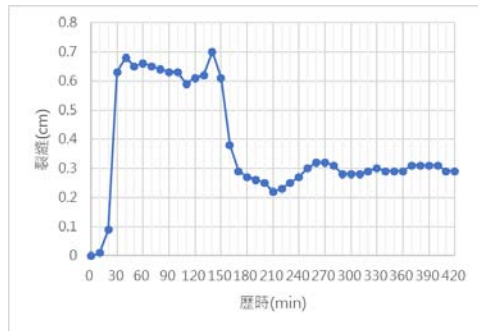


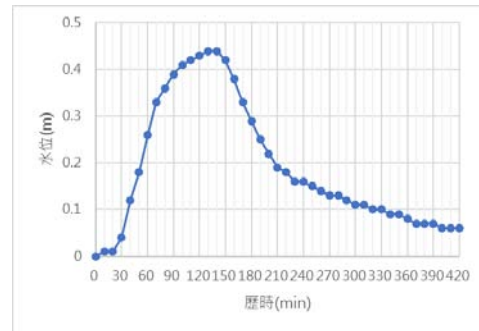
圖 9 自然邊坡滑動過程監測數據



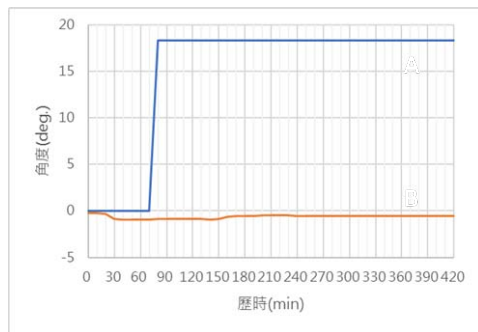
(a)雨量紀錄與組體圖



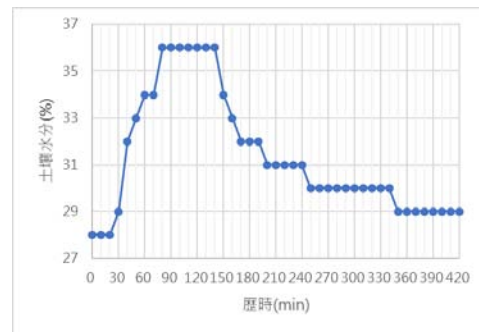
(b)坡頂裂縫



(c)水位



(d)坡面傾角



(e)土壤水分

圖 10 人工邊坡滑動過程監測數據

二、管理值訂定方式

(一)模型驗證

本模擬以前述自然邊坡研究案例為對象，探討不同地下水位對邊坡的穩定性影響，進而了解邊坡發生破壞的時機。以 PLAXIS 進行邊坡穩定分析。在基準分析數值模型方面，需輸入不同之土層參數。另外，藉由輸入初始地下水位作模擬分析，以模擬不同水位歷

程之安全係數變化。土壤參數部分，參考「台北市文山區萬壽路 75 巷政大御花園蓄蜜風災土石崩塌鑑定報告」之土壤一般物理性試驗等數據。PLAXIS 分析所需之材料參數整理如表 1 所示。

表 1 材料參數

土/岩層	材料模式	孔隙比 e	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	柏松比 v	凝聚力 C'(kPa)	摩擦角 Φ' (°)	水力傳導係數 k_x, k_v (cm/s)	E (kPa)
崩積層	Hardening Soil	0.616	19.5	20.1	0.3	6	27	2.76×10^{-4}	$E_{50}=13750$ $E_{0ed}=9625$ $E_{ur}=41250$

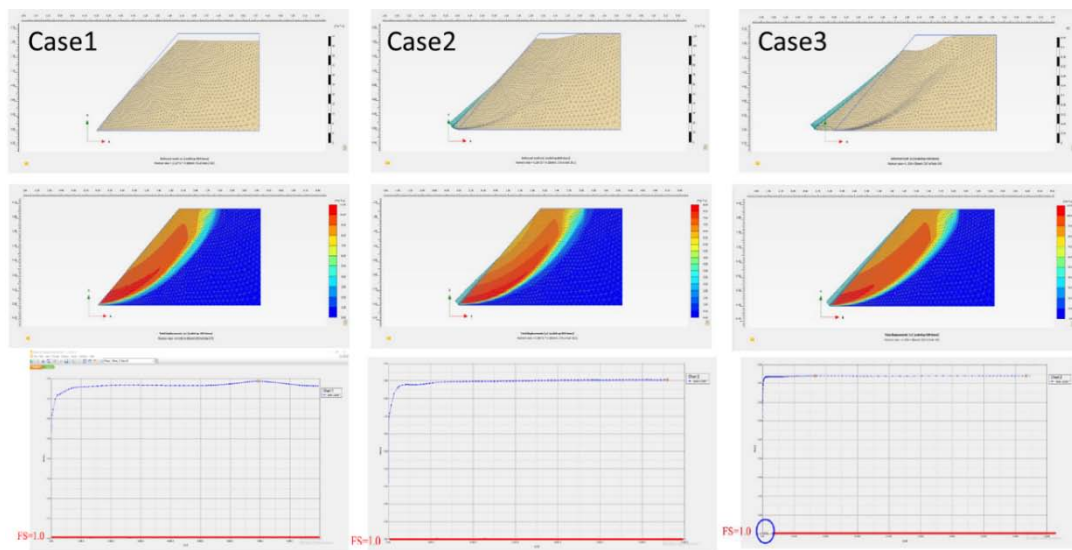


表 2 不同地下水位狀況之邊坡分析結果

Case No.	Description	FS
1	地下水位面位於地表	1.5
2	地下水位面位於地表上 約 1M	1.3
3	地下水位面位於坡頂	0.998 (NG)

表 2 為不同地下水位狀況之邊坡分析結果。由表可知，如颱風豪雨發生造成雨水累積於邊坡內，將降低安全係數，影響穩定性；而若能有效的降低地下水位(如：採取良好之排水系統)，將可提高安全係數，並增加邊坡之穩定性。綜合上述，由本研究數值分析可知，颱風豪雨事件過後造成之雨水浸入邊坡內，地下水位面升高為造成破壞之原因。

(二)管理值訂定方式

圖 11 為模擬案例之實際狀況，可發現降雨發生後在第 46 小時安全係數急速降低，至第 48 小時達破壞，亦即僅有兩小時可行動。圖 12 與圖 13 為本研究實驗案例狀況，以坡面傾斜計監測值為例，若以傳統之管理方式，將有很長的警戒時間但直接邁入破壞階段；然而若可在有初步變化時即開始行動，亦即通知社區住戶請專業技師進行評估與維修補強，將有較充裕時間避災。

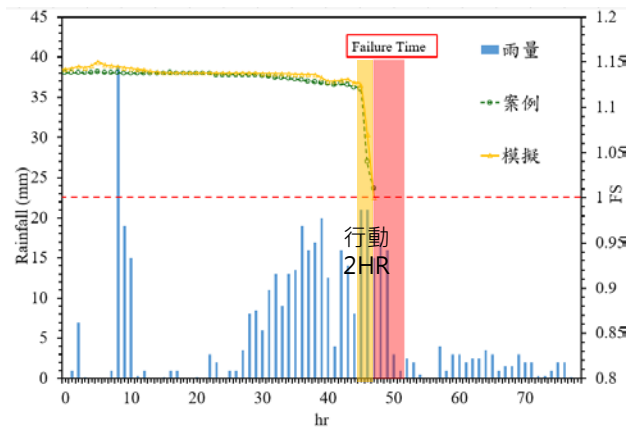


圖 11 政大御花園後方邊坡破壞行為時序

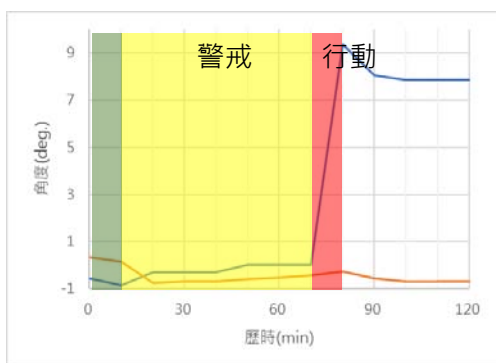


圖 12 本研究模擬案例以傳統管理
思維劃分警戒與行動時間

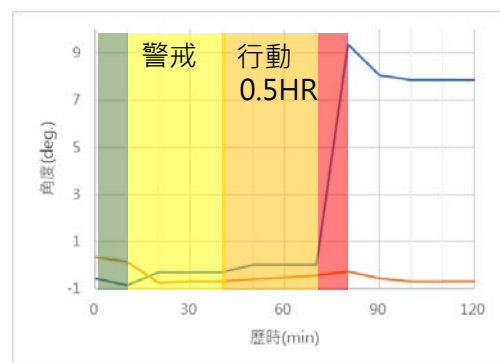


圖 13 本研究模擬案例以新管理思
維劃分警戒與行動時間

肆、結 論

前期計劃案成功整合各感測器至一個箱體內，除可節省現場建置成本外，也可降低維護與巡檢成本。而耐候性與擴充性在本年度獲得驗證。本計畫中建置了大尺寸之邊坡模型，以及人工降雨裝置，將同一監測裝置架設於邊坡模型外，並額外增加 IPI 等監測儀器，接著可依照需求進行簡易試驗環境重組，例如不同土壤性質、小範圍傾角變化(模擬層面傾角)、降雨量控制以及不同邊坡型式，以取得不同破壞型態分析，又相較於一般土槽試驗之尺寸效應，本研究之大尺寸邊坡試驗結果獲得較低的尺寸效應誤差，未來對於相關邊坡社區監測評估模擬更為完整。土槽模擬重大颱風豪雨事件後，經現場破壞情形與量測結果來看，趨勢上有符合預期結果，符合監測需求順利作動，精度與耐候性可維持一定水準，並可進一步於各社區取得一定量之監測值後，客製並修正適合各社區之儀器安全管理值。本研究經過比較 LoRa 與 NB-IoT 兩種通訊方式後，採用較為容易架設之 NB-IoT 通訊技術於本研究。該技術已廣為應用於都會區之精密廠房中，然而應用於野外防災監測之案例仍在起步中，從建置至今已經遭遇各種不同之問題，包括供電、漏失率與韌體調整等。故本研究為使社區邊坡監測裝置體積、功耗以及適用性，結合了低功耗無線傳輸系統，從資料品質與結果上可確定其高頻率的監測回傳，亦可維持低漏失率，在不同環境試驗下可立即反映出現地的變化情形，更增加推廣於社區邊坡監測的可行性。目前已確認可順利通訊，但漏失率部分需透過電信商一同合作處理改善，團隊已著手進行因應處理，實驗期間仍以 4G 傳輸為主，未來將進一步延伸應用於 5G 傳輸。

本平台以開源程式建立，提供使用者整合的場域即時監測資料以及簡潔且具有防災意義性的場域資訊。首先透過人工邊坡監測物聯網監測資料庫接收場域資料，建立相關資料。此外為讓本整合平台能提供使用者端更多元的服務，亦介接防救災相關公開資料，如氣象局即時雨量以及國家災害防救科技中心公開示警訊息。且此平台已連結納入建研所 105 年所建置「山坡地社區建築管理履歷資料庫平台」，以利應用。

伍、文獻回顧

- (1)內政部建築研究所，(2020)，「坡地社區智慧防災系統研發驗證—推估社區整合型監測儀器安全管理值大尺寸試驗模型建置」。
- (2)台北市四大技師工會(土木、大地工程、水土保持、結構工程工業)，(2008)，「台北市文山區萬壽路 75 巷政大御花園蕃蜜風災土石崩塌鑑定報告」。
- (3)林冠良，(2015)，「滲流與應力耦合分析探討降雨導致不飽和邊坡不穩定之機制」，碩士論文。

多元樣態社區水患韌性推動策略與指引手冊
之精進研究

主講人簡歷

姓 名：邵珮君

服務單位：長榮大學土地管理與開發學系

職 稱：教授

聯絡電話：(06) 2785083

傳 真：

電子信箱：peicshao@mail.cjcu.edu.tw

學 歷：神戶大學環境工程 博士

經 歷：

- Kyoto University, Japan Disaster Prevention Research Institute Visiting Associate Professor 2007/07 ~ 2008/03
- Building Research Institute, National Research and Development Agency, Japan Department of Fire Engineering Visiting Fellow 2017/02 ~ 2017/08
- 國立高雄師範大學 地理系 兼任教授 2020/08 ~ 迄今

主要著作：

1. 都市空間之水災易致災環境評估與減災對策：以台南市為例，' 軌道運輸城市發展論叢, Vol. 1, 1, Mar. 2016, pp.31-43.
2. 都市傳統街區火災安全策略之研究：以台南市赤崁文化園區為例，' 城市學學刊, Vol. 1, No. 1, Mar. 2010, pp.57-84.
3. 'Fire-resistant characteristics of traditional buildings in urban historic districts,' *International Journal of E3S Web of Conference*, Volume 53, Sep. 2018 . (EI Compendex, Scopus)
4. 台湾の防災まちづくりの課題と日本から学ぶべきこと，' *Journal of Japan Association for Fire Science and Engineering*, Vol. 67, 3, Jun. 2017, pp.19-24.

中文摘要

邵珮君¹ 游保杉² 洪啟東³ 鄭元良⁴
蔡綽芳⁴ 江瑞平⁴ 郭振民² 林詩岫² 李佳玲²

關鍵字：韌性社區、災後復原

在流域整體治理中，都市區域排水集水區的易淹水地區、沿海地區等均須要面對淹水災害之威脅，因應未來國家政策推動方向，淹水潛勢區域必須考量因應氣候變遷、國土安全、及復育環境敏感地區與國土破壞地區等面向來推動，然而在經濟能力的限制下，並無法無限的增加保護標準，因此必須結合「防災韌性」的觀點在有限的經濟資源下，各縣市政府跨部門除了需要協力邁向韌性水城市永續發展之外，更需要由下而上的方式，藉由社區強化對洪災的耐災能力，提出社區對洪水韌性評估與總合調適策略規劃，以因應氣候變遷帶來的衝擊。

本計畫旨在推動水利署水患自主防災社區轉型為水患韌性社區，透過強化災前適災減災與災後復原學習等過程，提供相關韌性策略規劃方向與建議。為提供社區民眾推動韌性社區之建立，本研究提出推動水患韌性社區的七步驟：1. 參與行動、2. 正確觀念、3. 瞭解環境、4. 做好準備、5. 不怕挫折、6. 學習教訓、7. 不斷練習。根據此七個步驟，在社區協力團隊的專家引導之下，將可以更快速的讓水患自主防災社區朝向水患韌性社區的道路前進。

¹長榮大學土地管理與開發學系

²成功大學水利及海洋工程學系

³銘傳大學都市規劃與防災學系

⁴內政部建築研究所

ABSTRACT

Keywords : resilient communities 、 disaster recovery

In the overall management of the watershed, the flood-prone areas and coastal areas in urban drainage catchment areas all need to face the threat of flooding disasters. In response to the direction of future national policies, flood potential areas must be considered in response to climate change, national land However, under the constraints of economic capacity, it is impossible to increase protection standards indefinitely. Therefore, it is necessary to combine the viewpoint of "disaster prevention and resilience". With limited economic resources, each In addition to the need for the inter-department of the county and city governments to work together towards the sustainable development of a resilient water city, a bottom-up approach is needed to strengthen the resilience of the community to flood disasters, and to propose community-based flood resilience assessment and overall adaptation strategies. planning to cope with the impacts of climate change.

This plan is to promote the transformation of the water resources department's flood-independent disaster prevention community into a flood-resilient community. Through strengthening the process of pre-disaster disaster adaptation and disaster reduction and post-disaster recovery learning, it provides relevant resilience strategy planning directions and suggestions. In order to provide community citizens to promote the establishment of resilient communities, this study proposes seven steps to promote flood resilient communities: 1. Participate in action, 2. Correct concept, 3. Understand the environment, 4. Be prepared, 5. Be not afraid of setbacks, 6. Learn Lessons, 7. Keep practicing. According to these seven steps, under the guidance of experts from the community cooperation team, it will be possible to move the flood-affected autonomous disaster prevention community towards the road of flood-affected resilient community more quickly.

壹、緒 論

一、研究動機

近年在氣候變遷的影響下，短延時強降雨等極端降雨事件越發頻繁，對於災害的不確定性也越發增強，連帶著在淹水潛勢地區之災害事件與洪水風險也逐年增加。而由過往經驗可知，目前傳統的工程治水手段礙於經濟能力與技術限制，早已無法負荷無限上綱的保護標準並確保災害不會發生。因此，除認知易淹水地區之災害必然發生外，面對氣候變遷帶來的未知變數，未來淹水潛勢區域之防災對策應更具韌性與永續性，跨領域整合水利工程、國土安全與社會經濟等面向，學習如何建立與水、與災害共生之韌性社區。

因應氣候變遷之影響，未來國家政策推動方向須考量淹水潛勢區域、國土安全及復育環境敏感地區之安全，然而在經濟能力的限制下，並無法持續地增加保護標準，因此本計畫結合「災害韌性」的觀點，前期主要針對都市低窪易淹水地區，研議洪水災前、災時與災後復原韌性強化策略，期能在有限的經濟資源下，強化建築與城鄉空間相關因應對策，並結合水利署自主防災社區之推動，與社區居民協作，歸納水患之災前識災與減災、災時避災與災後適災與學習之操作方法，初步完成水患韌性社區推動的通用操作指引。

本計畫希望以既有研究成果為基礎，選定海岸低窪型與鄉村平原型之易淹水地區，就其自然與人文環境特性，以及該地區特殊之水患狀況、面臨問題及需求等面向，透過現地調查、社區協作，提出居民有感之災害韌性因應對策，並可更進一步研議結合社區內外資源與產業，緩和災害對社區所導致生活、環境乃至經濟上的衝擊，使社區快速恢復日常生活，更提升社區耐災狀態。並彙整前述研究成果，充實指引內容，

提供更多元樣態水患社區(海岸低窪型及鄉村平原型¹)之應用，並從更全面的角度充實對策，而使實施之社區有感，並能持續完善災害韌性。

本研究計畫以社區為主要研究對象，透過整合災前識災與減災、災時避災以及災後適災與學習之防災對策提出建構社區洪水韌性之有效策略。本計畫於前期研究中已初步提出水患韌性社區推動的通用操作指引架構，然各社區之發展脈絡、資源條件與區域特性不盡相同，因此本年度之研究計畫希望以前期既有研究成果為基礎，選定海岸低窪型與鄉村平原型之易淹水地區，就其自然、人文環境特性，以及該地區特殊之水患狀況、面臨問題及需求等面向，透過現地調查、社區協作，提出居民有感之水患減災、整備、應變、復原重建四大生命週期的災害韌性因應對策，並可更進一步研議結合社區內外資源與產業，緩和災害對社區所導致生活、環境乃至經濟上的衝擊，使其免於衰頹。並彙整前述研究成果，充實指引內容，提供更多元樣態水患社區(海岸低窪區及鄉村平原區)之應用，並從更全面的角度充實對策，而使實施之社區有感，並能持續完善災害韌性。

本研究計畫將針對海岸低窪型與鄉村平原型韌性社區之特色，建立韌性社區推動策略，並分析社區需求調整指引方向，建立適合海岸低窪型與鄉村平原型之韌性社區推動指引手冊，主要內容包含海岸低窪型及鄉村平原型韌性社區需求與策略分析、熱點社區實作反饋、編撰推動指引手冊等三大工作。

¹ 原計畫中「鄉村型社區」容易遭誤解，經第一次專家諮詢會議建議更改為「鄉村平原型社區」。第二次專家諮詢會議建議「海岸型社區」一併更改為「海岸低窪型社區」。

二、研究目的

藉由本研究之進行預期可達下列目的：

1. 海岸低窪型與鄉村平原型社區水患韌性強化策略

完成海岸低窪型與鄉村平原型韌性社區需求與策略分析，定義海岸低窪與鄉村平原型兩種社區類型，蒐集社區水患關鍵問題，並整合水土保持局推動之坡地防災社區經驗，擬定兼顧建築與城鄉相關之空間、設施設備減災改善措施，及應變、復原重建組織運作軟體面之韌性策略。

2. 社區民眾可操作的水患韌性社區參考手冊

根據前期既有之「推動韌性社區操作指引手冊」成果，增編海岸低窪型與鄉村平原型社區韌性推動指引手冊。

3. 熱點社區案例分析與手冊回饋修正

完成熱點社區案例分析，選定海岸低窪型與鄉村平原型熱點社區，針對實際需求與問題，精進增修韌性社區推動指引手冊。

貳、研究內容

一、國內外文獻回顧

水患韌性社區的建立係由經濟部水利署的「水患自主防災社區」為基礎，沿用其組織編制與災時避災應變之作法，強化災前與災後兩階段的操作方向，以達成水患韌性社區之目標。

在建研所 108 年「都市低窪易淹水地區災前韌性評析與強化策略之研究」與 109 年「洪水災後復原韌性強化策略與指引手冊之研究」的研究中，綜整國內外之韌性社區相關研究，包括國際間的聯合國災害防救減災組織 UNDRR (The UN Office for Disaster Risk Reduction，較廣為人知的名稱為 UNISDR)、美國公共科學圖書館 PLOS (Public Library of Science)、歐洲地球科學聯合會 EGU (European Geosciences Union)、澳洲的災害防救機構 AIDR(Australian Institute for Disaster Resilience)，以及國內致力推動韌性社區的內政部「消防署韌性社區」計畫和經濟部水利署的「水患自主防災社區」計畫。歸納整理出韌性社區之核心價值並提出建構韌性社區之四重點，包括：韌性社區重點一：認識社區環境；韌性社區重點二：落實韌性策略；韌性社區重點三：強化社區網絡；韌性社區重點四：妥善利用資源。

二、海岸低窪型與鄉村平原型韌性社區需求與策略分析

海岸低窪型與鄉村平原型韌性社區的自然環境與社會人文型態不盡相同，因此會有不同的需求與應對策略。但是，由於臺灣各地的人文與產業發展過程不盡相同，基本上無法單純僅以海岸低窪型與鄉村平原型來分辨出社區的特性，部分地區甚至會出現具有海岸低窪與鄉村平原型共存的現象。因此，建議先以地理特性來區別，海岸低窪型應著重在地層下陷地區，其他非地層下陷地區則可視為鄉村平原型。而後續再根

據聚落特性與產業特性進行區分，社區領導人視社區聚落與產業狀態，選擇相符的資訊使用來蒐集社區水患關鍵問題，擬定空間、設施設備減災改善措施，及應變、復原重建組織運作之韌性策略。

三、 海岸低窪型與鄉村平原型韌性社區推動參考手冊

根據擬定的社區韌性提升策略，配合「推動韌性社區操作指引手冊」所建議之推動程序，增編海岸低窪型與鄉村平原型韌性社區推動指引手冊，以社區民眾為目標提供簡易韌性社區之推動操作手冊。分析方式概述如下：

- (一) 手冊編撰注意要項—由於使用對象為一般民眾，有些社區也可能是高齡化社區，因此手冊編輯需要考量兩個原則：易懂、上手。
- (二) 「推動韌性社區操作指引手冊」之簡化—根據推動韌性社區操作指引手冊所編寫之方向，挑選社區民眾與社區領導人應配合的內容，透過文字簡化、圖像化等方式，提供便利的資訊內容，同時備妥相關表格以供社區領導人能立即使用。
- (三) 配合熱點社區反饋修正—為使本計畫之成果得以順利推廣應用於易淹水社區，本計畫選擇海岸低窪型與鄉村平原型各一熱點社區進行實際應用，並藉由社區實作反饋修正手冊內容。

四、 熱點社區案例分析

韌性社區推動步驟與相對應的韌性提升方法之初擬成果，需透過熱點社區實際操作過程才能瞭解是否可行，進而可以得知需要修改之處。其研究方法概述如下：

- (一) 社區訪查—主要針對計畫中之熱點社區臺南市七股區頂山里(海岸低窪型)與後壁區新嘉里(鄉村平原型)進行研究與調查，以瞭解社區現況與災害議題。

(二) 社區應用討論—邀請相關專家參與討論會議初步擬定手冊內容，再透過社區領導人實際應用方式，回饋修正社區版水患韌性社區參考手冊。

五、 辦理專家諮詢會議

整合前述相關成果辦理專家諮詢會議，邀請對象為：政府災害防救相關單位人員；水利工程專業技師等從業人員；以及相關領域專家學者(包括都市計畫、建築、水利等)。會中將相關初步成果提供說明，藉由會議之召開檢討並彙整針對手冊編纂相關改進建議與修訂，以確定研究結果之正確性、增加成果之完整性及應用性。

參、研究發現

本計畫所獲致之重要成果概列如下：

經分析海岸低窪型與鄉村平原型社區需求，擬定社區的韌性策略，並根據109年度所完成的「推動韌性社區操作指引手冊」來增編社區的水患韌性社區指引手冊，提供民眾與領導人參考使用。

(一)分析海岸低窪型與鄉村平原型社區需求與韌性策略

由於臺灣不同社區有不同的人文與社會發展，在多元樣態的社區中必須考慮個別社區不同的發展脈絡，無法直接以單一特性直接表達。因此，本計畫結論為建立韌性社區均需要考慮三個特性項目，分別為：1.地理特性：海岸低窪型或鄉村平原型、2.聚落特性：集村型或散村型、3.產業特性：農業、漁業或養殖業。社區可以根據現況條件來選擇相應的韌性提升策略。相關策略如下：

1. 地理特性：

表1 不同地理特性的社區韌性策略

	海岸低窪	鄉村平原
主要災因	地勢太低，外加潮汐影響，積水無法短時間內排出	地勢低平，洪水可能來自上游集水區、附近河川溢堤、排水系統不良
工程應對	設置防潮閘門、強化排水閘門管理、推動逕流分擔與出流管制、村落圍堤	推動逕流分擔與出流管制、強化河川堤防、增設抽水機組、強化區域排水與下水道系統、上游滯洪池
非工程應對	強化土地開發管理及利用單位的自主防洪管理以分擔淹水風險、加強預警撤離	定期疏通排水、強化土地開發管理及利用單位的自主防洪管理以分擔淹水風險、加強預警撤離
生命保護	高風險區域提早準備避難(水平或垂直)	
財產保護	盡量移往高樓層或移動至其他較高處	
交通注意	道路可能無法通行，可準備膠筏	小型道路可能受阻，可準備高底盤車輛或膠筏
醫療注意	提早安排洗腎病患就醫，注意慢性病患用藥需求	

(資料來源：本計畫繪製)

2. 聚落特性：

表2 不同聚落特性的社區應災策略

	集村型	散村型
災前	<p>內外水應對：強化排水能力、強化潮汐影響下之抽水機管理方式、規劃設置上游滯洪、檢討村落圍堤、掌握排水癥結強化工程設計</p> <p>訓練：強化抽水機管理與操作演練、進行防災演練</p> <p>網絡：建立通訊群組(Line)、掌握</p>	<p>內水應對：檢視排水能力、推動農地滯洪</p> <p>訓練：進行防災演練、強化抽水機管理與操作演練</p> <p>通行：檢討道路高程，確保疏散道路可通行、規劃替代道路</p> <p>網絡：建立通訊群組(Line)、掌握弱勢民眾位置</p>

	弱勢民眾位置 資源：避難規劃、定期清點物資	資源：避難規劃、定期清點物資
災時	防災動員：根據預報資訊提早動員，準備疏散 監視與管制：強化管制警戒避免人員進入淹水區、管制養殖區道路通行 疏散與避難：準備疏散物資、協助裝設防水閘門、設置移動式擋水板、緊急發電機、管制養殖區道路通行 網絡：確保聯繫管道通暢	防災分工：確保各工作組按其規畫有效分工 監視與管制：強化管制警戒避免人員進入淹水區、掌握河川與排水即時水位 疏散與避難：進行疏散撤離工作、掌握就地避難人員資訊與其物資是否足夠、注意高淹水潛勢區狀況、協助裝設防水閘門 網絡：確保聯繫管道通暢
災後	<p>環境：環境清掃 通行：確保道路通暢 網絡：重建聯繫網絡 資源：協助社區復原、發送物資 學習：檢討救災問題、提出改進措施</p>	

(資料來源：本計畫繪製)

3. 產業特性：

表3 不同產業特性的社區韌性策略

	農業	漁業	養殖業
災前	規劃果園排水系統、強化農地排水能力、檢討灌溉排水路設計	強化預警通報、及早規劃返港避難路徑	強化堤岸強度、檢視抽排水能力、規劃發電機設置
災時	注意河川與排水系統水位、落實抽水機與閘門的操作流程、農作搶收	漁船繫緊、注意發電機與冷凍機具	預先降低水位、架設圍網、機具固定、落實抽水機與閘門的操作流程、檢視機具運作狀態
災後	清點農損與申請補助	清理廢棄漁具、清除漂浮木	清點損害與申請補助、清理機具、檢視魚塭堤岸之安全

(資料來源：本計畫繪製)

(二)海岸低窪型與鄉村平原型韌性社區推動指引手冊

配合「推動韌性社區操作指引手冊」所建議之推動程序，增編海岸低窪型與鄉村平原型韌性社區推動指引手冊，以社區民眾為目標提供簡易韌性社區之推動操作手冊。本研究提出推動水患韌性社區的七步驟：

1. 參與行動：建立社區組織，尋求有志的民眾來形成團隊，並將其分組賦予執行的任務。
2. 正確觀念：透過簡易的圖說，建立民眾韌性防災的概念，讓民眾時時刻刻都能做好準備，避免災害發生時的紛擾。
3. 瞭解環境：瞭解洪災風險與擬定對策，讓民眾瞭解社區可能存在的風險危機，也更能深植社區民眾防災準備的概念。
4. 做好準備：建立網絡與準備資源，有良好的網絡即可以透過社區成員的互助支持提升社區韌性，妥善利用資源可以更快的協助社區對抗洪災與災後重建。
5. 不怕挫折：進行復原準備與推動，由於洪災後政府的公助力量可能還無法立即投入，此時需要藉由自助與互助的力量按照災前規劃的復原計畫來進行復原。
6. 學習教訓：進行災後重建與學習，以獲得更好的重建。
7. 不斷練習：透過定期演練熟悉各項防災工作的流程，強化災害應變能力。

根據上述七個步驟，在社區協力團隊的專家引導之下，將可以更快的讓水患自主防災社區朝向水患韌性社區的道路前進。

肆、結 論

本研究嘗試將社區以海岸低窪型與鄉村平原型進行分類並研擬相關對策，但是，由於臺灣各地的人文與產業發展過程不盡相同，基本上無法單純僅以海岸低窪型與鄉村平原型來分辨出社區的特性。因此，建議先以地理特性來區別，後續再根據聚落特性與產業特性進行區分，社區領導人視社區聚落與產業狀態，選擇相符的資訊使用來蒐集社區水患關鍵問題，擬定空間、設施設備減災改善措施，及應變、復原重建組織運作之韌性策略。

此外，在推動韌性社區的建立過程中，本研究提出推動水患韌性社區的七步驟：1. 參與行動、2. 正確觀念、3. 瞭解環境、4. 做好準備、5. 不怕挫折、6. 學習教訓、7. 不斷練習。根據此七個步驟，並配合社區協力團隊及專家指導之下，期望達成快速提昇社區自主防災意識並朝建立水患韌性社區的道路前進。

伍、參考文獻

1. 內政部消防署，韌性社區操作手冊
2. 內政部建築研究所，2019，都市低窪易淹水地區災前韌性評析與強化策略之研究
3. 內政部建築研究所，2020，洪水災後復原韌性強化策略與指引手冊之研究
4. 國家災害防救科技中心，社區水災環境檢查手冊
5. 臺南市政府，2021年4月「後壁區新嘉里疏散避難計畫書」
6. 臺南市政府，2021年4月「七股區頂山里疏散避難計畫書」
7. 國家災害防救中心，災害潛勢資料地圖
(<https://dmap.ncdr.nat.gov.tw/>)
8. 內政部消防署，推動韌性社區
(<https://pdmcb.nfa.gov.tw/dc/intro>)
9. 經濟部水利署，水患自主防災社區
(<https://wrafpc.tw/index.php>)
10. 臺南市政府，臺南市水患自主防災社區
(<http://www.tainanfrc.com.tw/>)
11. 盧沛文，2016，韌性，城市不任性 I：規劃專業的新思維，從荷蘭經驗談起，眼底城事
(<https://eyesonplace.net/2016/04/13/1697/>)
12. International Organization for Standardization (ISO), Building resilient cities with new International Standard
(<https://www.iso.org/news/ref2464.html>)
13. Organization for Economic Cooperation and Development (OECD),

Resilient Cities
(<https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/resilient-cities.htm>)

14. Rockefeller Foundation, 100 Resilient Cities
(<https://resilientcitiesnetwork.org/>)
15. Adger, W. N., 2000, Social and ecological resilience: are they related? *Progress in Human Geography*, Vol. 24(3), pp. 347–364.
16. Dovers, S. R. and Handmer, J. W., 1992, Uncertainty, sustainability and change. *Global Environmental Change*, Vol. 2(4), pp. 262–276.
17. Holling, C. S., 1973, Resilience and Stability of Ecological Systems, *Annual Review of Ecology and Systematics*. Vol. 4(1), pp. 1–23.
18. Keating, A., Campbell, K., Szoenyi, M., McQuistan, C., Nash, D., and Burer, M., 2017, Development and testing of a community flood resilience measurement tool, *Natural Hazards and Earth System Science*, vol. 17, pp. 77–101. European Geosciences Union.
19. Patel S. S., Rogers M. B., Amlôt R., Rubin G. J., 2017, What Do We Mean by ‘Community Resilience’ ? A Systematic Literature Review of How It Is Defined in the Literature. *PLOS Currents Disasters*. Edition 1.

高齡社會下大震災後短期避難場所設置高齡
特殊避難空間參考手冊之研擬

主講人簡歷

姓 名：董娟鳴

服務單位：銘傳大學 都市規劃與防災學系

職 稱：副教授

聯絡電話：(03)350-7001#5052

傳 真：(03)359-3886

電子信箱：tcm@mail.mcu.edu.tw

學 歷：國立政治大學地政學博士

經 歷：

- 銘傳大學都市規劃與防災學系 副教授(94.11 至迄今)
- 新北市消防局災害防救諮詢委員會(104.01 至迄今)
- 新北市教育局校園規劃審查委員會(105.01 至迄今)
- 新北市國土計畫審議委員會(108.01 至迄今)

主要著作：

1. 都市特殊避難需求者社區避難收容空間整備評估指標建構與評估之研究(科技部專題研究計畫編號：MOST 110-2410-H-130-045-)
2. 高齡社會下大震災後短期避難場所設置高齡特殊避難空間參考手冊之研擬(內政部建築研究所協同研究計畫編號：11015B0004)
3. 因應高齡社會建置震災後特殊避難需求者避難收容處所可行性研究(內政部建築研究所協同研究計畫編號：10915B0010)
4. 從高齡居民水災應變需求角度探討地區災害防救工作供給落差之研究—以 823 水災臺南麻豆區三里為例(科技部專題計畫編號：MOST108-2410-H-130-038)
5. 從高齡者機能需求角度探討避難收容空間供給評估指標之研究(科技部專題計畫編號：MOST107-2410-H-130-036)
6. 從使用者活動供給觀點建構都市友善老人鄰里活動空間環境指標之研究(科技部專題計畫編號：MOST106-2410-H-053-SSS)

中文摘要

董娟鳴 蔡綽芳 劉昱彤

蔡佳惠 李碩慈 黃偲瑜

關鍵字：震災、高齡者、短期避難、特殊避難空間

臺灣面臨著高自然災害脆弱度與社會災害脆弱度加劇的雙重挑戰，高齡者常因身體機能退化形成的脆弱，導致災害發生後避難更不易，由於震災後的避難收容時間較長，面對居住環境改變無法適應而導致快速衰弱而死亡。多數患有慢性病的高齡者，可能因為藥物中斷與身體機能需求無法滿足，增加發病率或死亡率的風險，災害罹難比例超過其他世代，在後續的避難、安置過程中常因健康惡化、邊緣化問題而發生「關聯死」、「孤獨死」的現象(蔡綽芳、蔡淑瑩等，2018)。

有鑑於現行防救災體系，已為長照體系下的相關機構(包含老人安養中心、護理之家)及醫療院所提供災時因應對策；故本研究擬針對平時生活在家中的居家被照護者為主要探討對象，但不包括安置在安養機構或醫院療養的人，以全齡之特殊需求者為研究對象，但因應高齡社會趨勢，對象多為高齡者。

參考過往實務經驗，短期收容時間以不超過2週為原則，因高齡者的身心理機能限制，避難過程中產生相較於一般避難者較多的特殊避難需求，但目前的災害防救體制，針對特殊避難需求者較缺乏細緻化的應變機制與作法；因此本研究延續內政部建築研究所(2020)計畫，強化特殊避難難機制可操作性，參考美國與日本針對特殊避難需求者之避難空間設計原則，探討我國災後作為避難收容處所的既有建物類型，並進一步評估特殊避難需求者之避難生活機能需求，提出因應災後特殊避難需求在空間與設施整備之建議，研擬空間設置參考手冊(草案)，以利後續公私機構設置特殊避難收容所時應用。

ABSTRACT

Keywords :

Taiwan is faced with a high frequency of natural disasters and challenges brought about by an aging society. Due to low physical and mental functions, the elderly are more prone to disaster-related injuries. During a long period of shelter after an earthquake, the elderly become debilitated quickly and eventually die due to difficulty in adapting to a new environment. Most elderly people with chronic diseases may be at risk of morbidity or mortality due to drug interruption and physical deterioration; therefore, the elderly suffer from more disaster-related deaths than other generations. During the process of evacuation and resettlement, “related deaths” and “lonely deaths” may occur as a result of health deterioration and marginalization (Cai, Chuo-Fang & Tsai, Shu-Ying, 2018).

Relevant response measures are already put in place for long-term care facilities and medical institutions (e.g., nursing homes and care homes for the elderly) under the existing disaster prevention and relief system. The main subjects of this study are home care recipients, along with people of all ages with special needs, most of whom are the elderly in this aging society, not including those living in nursing homes or hospitals.

Based on past experience, the period of short-term shelter is no more than two weeks in principle. Compared with ordinary people, the elderly have more special requirements due to their physical and mental limitations during the evacuation. At present, the disaster prevention and relief system are yet to set detailed response measures and practices for people with special shelter needs. In view of this, this study, following the program of the Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior (2020), aims to improve the operability of special shelter mechanisms. Referring to the principles of shelter space design for people with special shelter needs in the United States and Japan, this study explores the types of existing buildings that serve as shelters in Taiwan after the occurrence of an earthquake and further evaluates the daily supplies required by people with special shelter needs to sustain themselves; then, it puts forward recommendations for space and facilities in response to special shelter needs after the occurrence of an earthquake and drafts a handbook of special shelter design for public and private sectors' reference.

壹、緒 論

一、研究動機與目的

高齡者為地震災害中的弱勢族群，因其行動較為緩慢或不便，當災害發生後避難時更為不易，然而除了震災時的逃生議題外，由於震災後的避難收容時間較長，高齡者因身心機能較衰弱，面對居住環境改變無法適應，災後避難過程中接觸社群改變導致高齡者適應困難等因素，高齡者災後關聯死的情形也相對嚴重。以臺灣 921 大地震為例，依據衛生福利部調查報告，因地震死亡的災民年齡層中，年紀愈大死亡率愈高(衛生福利部，2000)。以日本為例，8~9 成的受害者為老年人(日本復興廳，2013；熊本縣，2018)，其中東日本大地震災後 1 個月內的死亡者中，高齡者占 5 成；3 個月內的死亡者中，高齡者占 8 成，其中有 3 成死因為避難所環境、設備及資源不足所致(日本復興廳，2013)。

臺灣已邁入高齡社會，若發生巨大震災，災後短期避難期間(1 日至 2 週)，將因高齡者的身心理機能限制，在避難過程中將產生相較於一般避難者之特殊避難需求之大量人數，但以現今臺灣地區災害防救體制下之相關考量，除少數能進到長照機構與醫療機構外，大多數高齡者仍須到一般避難場所進行短期避難，從上述日本東日本大地震之經驗可知，避難過程中，高齡災民因其身心機能衰退、障礙或臥床，無法如一般居民於校園開放空間或與大眾群聚席地避難；國外相關文獻亦顯示，高齡者短期避難期間，因避難環境不適導致災後關聯死的情形相當嚴重。故國際上已有相關因應特殊避難需求者之對應指南，如美國聯邦緊急事務管理署(FEMA)有針對特殊需求者提出收容所規劃指南，日本亦已針對特殊需求者設有福祉避難所機制。爰此，內政部建築研究所自 109 年度進行「因應高齡社會建置震災後特殊避難需求者避難收容處所可行性研

究」，從研究結果發現，國內既有避難收容處所因管理單位與原有空間主要用途差異，在空間與設施之初始規劃興建時，多未考量高齡特殊避難需求，進行相關設施與空間上的因應，並在對應相關管理機制與人員工作分派上，以目前之災害防救體制下，對於因高齡者為主產生的特殊需求因應，亦相當粗略，有待更進一步因應特殊需求者的避難需求，細緻化避難收容之相關整備工作。

依據歷年臺灣災害經驗，在國內的災害防救體系下，針對土石流、水災、風災等災別之潛勢地區下的弱勢族群列為保全戶管理，並提供預警撤離機制；但地震災害具有不可預期性，缺乏預警機制，面對的避難收容人數會因震災的影響範圍而須考量人數較多，且在災後的避難收容時間亦較長；因此，在應變與避難收容處所的整備上，目前地區災害防救計畫較缺乏因應震災狀態下，可能出現大量高齡收容者的細緻化應變機制與作法；因此，考慮災民屬性的不同，產生特殊需求之細緻化避難收容場所的相關指導，以提供地區災害防救體系在避難收容空間相關整備策略參考其必要性。有鑑於臺灣已經邁入高齡社會，實有必要針對高齡者的防災避難收容空間提出預先規劃與因應對策。

本研究擬延續前一年計畫，主要以災後作為避難收容處所的既有建物類型，針對特殊避難需求者之避難生活機能需求進行初步評估後，提出因應災後特殊避難需求在空間與設施整備之建議，並研擬空間設置參考手冊(草案)，以利後續公私機構設置特殊避難收容所時應用。

貳、研究內容

一、建置特殊避難收容處所參考原則

(一) 日本福祉避難所

1. 可應用的空間類型及基本條件

日本作為福祉避難所的類型包括：一般避難所(各級學校、活動中心)、高齡者福祉設施(日照中心、小規模多機能設施、老人福利中心、特殊老人養護之家、老人保健中心等)、身心障礙者福祉設施(公營及民營設施)、兒童福祉設施(托兒所、保健中心、特殊教育學校)、住宿設施(公營及民營設施)等，並根據日本內閣府(2015)針對日本全國 1251 處福祉避難所的實況調查，目前仍多以社會福祉設施為主(佔 89%)。

綜上所述，選定空間作為福祉避難所其基本條件，應確保設施本身的安全性，如非位於危險區域、具備耐震、耐火構造，具有無障礙設施以確保特殊需求者的安全，確保可符合其他特殊需求的避難空間。

2. 福祉避難所的空間整備

設置福祉避難除注意無障礙外，參考新潟市避難所營運指南(2020)，針對高齡者的居住空間，減少樓梯高差而設置斜坡板，並考量到高齡者可能有下肢障礙或步行困難等狀況，爬樓梯易造成身體負擔，應優先提供 1 樓的空間給高齡者使用；配有空調設備的和室以減少環境溫差變化造成其身心負擔；高齡者可能會因如廁不便而減少如廁次數，造成脫水症狀，故應確保其生活空間與廁所的距離及動線順暢；為避免身心障礙的高齡者生活困難，可提供以家族為單位的獨立小房間，使其家人能就近照護。

3. 學校作為特殊需求者避難收容空間整備項目

承前所述，日本多以社會福祉設施作為福祉避難所，但我國若要推行特殊避難需求者之避難場所，可能以既有學校、活動中心、體育場的一部分做為特殊需求者的避難空間為主，因此可參考日本校園空間防災機能整備項目，作為我國特殊需求者避難空間的改善借鏡。

參考日本學校作為特殊避難所，從災害發生到避難所任務結束，可分為救命避難期(災害發生當下)、生命確保期(災後數日間)、生活確保期(災後數週間)、教育活動恢復期(災後數月)等 4 階段，各階段注意事項如下表：

表1 階段注意事項

階段	注意事項
救命避難期 (災害發生當下)	<ul style="list-style-type: none">• 學校設施的安全性• 獲取災害情報、申請救援的通訊管道• 緊急避難所的進駐
生命確保期 (災後數日間)	<ul style="list-style-type: none">• 防災設施整備(包含：廁所、照明、情報通信、電力瓦斯、倉儲空間、飲食等救援物資、居住空間、因應特殊需求者如高齡者、身心障礙者、孕產婦的空間或設備、避難所行政營運空間)
生活確保期 (災後數週間)	<ul style="list-style-type: none">• 包含：衛生、隱私空間、諮詢窗口及交流場所、寵物空間
教育活動恢復期 (災後數月)	<ul style="list-style-type: none">• 設計分隔避難所與學校教學的區域及動線

(資料來源：日本文部科學省，2020 年。)

(二) 美國 FEMA 對身心障礙者避難收容空間規範

FEMA(2010)針對身心障礙者列出了一份檢核表，稱為 ADA 緊急避難場所之檢查清單(Americans with Disabilities Act, Checklist for Emergency Shelters)，ADA 檢核表中將空間分為二大類室內、室外及其他設施設備，以下為各分區之空間規範項目：

在室外外進到避難場所內之前的停車場，應提供無障礙的乘客下車空間，步行空間應確保輪椅可順利通過，並以無障礙動線連接至避難所大門入口，若無障礙入口不是主要避難場所的入口，應設置無障礙入口引導標示；另外應特別注意牆上的壁掛式物品或是在行人走道空間的物品都有可能對盲人或低視力居民造成危害；進駐至避難所內後，應以無障礙路線串聯從路口至各式服務及活動空間，至少提供一個無障礙登記地點，注意簽到桌子高度(配合輪椅、機車或其他移動性機具使用者)；設置吃飯空間並提供符合高齡者之食物，醫療服務空間通常設置在學校的緊急避難場所，應會提供保健室或其他醫療服務空間；在每一個睡眠區域都要有無障礙路線串聯至其他活動空間，盥洗室及淋浴間至少要有一間作為無障礙者使用。避難所內至少有一至多個無障礙公共電話，並提供飲水機且具無障礙設計，出水設計須符合一手操控且不需要抓、捏、轉以及扭的動作，若無障礙廁所不足時，應設置無障礙的流動廁所來滿足居民需求量，前述項目皆應設置於無障礙路線上。

電力的可獲得性，避難場所提供裡，必須至少有一到多個備用發電機或其他電力資源，以致於仰賴電力設備的殘疾被疏散者可以於居住避難場所的期間使用電力系統；備用電力應使用在藥物的冷藏保存(個體性藥物需求，如胰島素)，製氧機和呼吸機的運作狀況，和供輪椅或移動性機具充電使用。

參、研究發現

一、 建置我國短期特殊避難收容機制

本計畫延續內政部建築研究所研究成果(2020)，研究者針對特殊避難需求者制定的避難機制，其內容主要著重在災時特殊避難需求者之分級制度、後送分流機制的界定；特殊避難需求者失能程度判斷，災時若原已有長照等級判定與證明的避難收容者，則以長照分類區分失能程度；避難收容現場若無相關證明可供判定，建議採用長照 1.0 失能程度(ADLs 及 IADLs)作為分級標準，而平時的對象掌握，則依照各地方政府長照主管單位之評估，進行造冊列管。

為避免浪費醫療資源及人力等因素，後送分流機制依據收容對象之失能程度(輕度、中度、重度)，對應至避難階段醫療照護嚴重程度，將空間類型分為一般避難所、特殊避難收容場所、住宿型長照機構(緊急收容)、醫療院所(入院治療)；根據近年各縣市避難收容處所一覽表，所訂定適用各種災害設置的避難處所，大部分是活動中心、學校、教堂、廟宇等場所(黃麗美、陳嘉基、曾俊達，2014)，因此本案僅針對「一般避難所兼用特殊避難收容場所」提出因應災後特殊避難需求空間與設施整備原則，一般避難所兼用特殊避難空間，應與一般避難收容空間分區，以提供安靜、基本生活機能、無障礙與兼顧照顧者與被照顧者的避難收容空間。

二、 高齡特殊避難空間設置課題對策

參考國外福祉避難空間設計原則，並考量臺灣本土的條件，瞭解我國若建置特殊避難空間，從災防體制執行、空間整備、物資與設施儲備及人口密度差異等層面，所面臨的課題如下：

現行的災防體制未要求避難空間應遵守的原則，導致平時的空間應

用造成災時不利於避難收容使用；建物前期規劃設計階段未對防災基本設施做周全評估與設置，進而後續指定為避難所，其災時應變在空間轉換上不符合需求；現有作為避難收容空間，多分散在不同棟樓或樓層，空間轉換上常因設置門檻或障礙物，而導致空間難以到達；避難收容物資設施儲備，欠缺對高齡者與特殊避難需求者避難機能需求之細緻考量；人口密度低之地區資源整備與發展，因佔地廣闊空間分散，相較於人口稠密區較不完善，災時容易因交通阻斷而成孤島，導致救援不易，物資設備無法及時調度。

解決對策應落實建置特殊避難場所的可行性，訂定特殊避難收容空間整備與開設運作參考原則，依據臺灣現行建築法規，制定相關分區合適之基本空間尺寸規範，並透過檢核評估表，依評估缺失項目改善特殊避難需求者避難生活環境，提升生活機能；特殊避難需求者平時物資儲備建議，建議從七大面向(食、衣、住、行、衛生、醫療、社交)探討應具備之物資，考量地區特性越偏遠的地區，交通可及性影響因素越大(如道路容易中斷等問題)，需要預估的儲存天數就越長，因此將儲備容量分為：山區、易成孤島地區(儲備至少 14 天)，農村、偏遠地區(儲備至少 3 天)，都會、半都會地區(儲備至少 2 天)。

三、 研擬高齡特殊避難空間操作手冊(草案)

手冊之使用對象，為建置特殊避難空間時以簡易閱讀的方式，在平時物資準備、空間整備及災害應變時成為參考指標，以便利地方執行單位，能依循此依據操作；參考我國災害防救計畫作為特殊避難空間參考手冊的架構研擬，手冊內共分為四大部分，主要針對平時物資儲備、收容對象評估、避難所開設機制流程、空間整備原則及其他交通協助、人力支援、傳染病防治提出原則。

選擇特殊避難場所的基本原則，應先充分瞭解建物之現況、震災經驗、歷次毀損與修復補強情形等，確保建物設施本身之安全性、無障礙性及符合特殊避難之需求；依循既有規範「建築技術規則」及「無障礙設計規範」配置特殊避難場所分區，分為作業區域、服務區域、主要收容區域，並考量特殊避難需求者的身心障礙特徵，列舉優先設置空間；以大震災為前提下，人口密度多寡會影響特殊避難場所的開設規模與時機。收容時間長短，會影響特殊避難場所的空間配置急迫性，及特殊避難物資優先提供之必要性；特殊避難場所的開設規模，收容人數參考長期照顧設立標準，以 10 名需設置 1 位照顧服務員為基準，開設時間 3 日以維持生命基本需求為主，14 日為滿足日常生活需求為主。

肆、結 論

本研究透過文獻回顧、現況調查及焦點團體等方式，參考國外對於福祉避難空間設計原則，並考量臺灣本土的條件，瞭解若臺灣建置特殊避難空間參考手冊之可應用性，結論說明如下：

- 一、本研究依災時避難收容過程定義出「特殊避難需求者」，以居家照護者為主，不包括已在安養機構或醫院療養的人，且不侷限於 65 歲以上，但因應高齡社會的趨勢，此類對象多為高齡者。
- 二、短期收容時間為短則 1~3 日，但以不超過 2 週為原則，因應本案假設之收容情境，以大震災為前提下，人口密度多寡會影響特殊避難場所的開設規模與時機。收容時間長短，會影響特殊避難場所的空間配置急迫性，及特殊避難物資優先提供之必要性；特殊避難空間的開設規模，收容人數參考長期照顧設立標準，以 10 名需設置 1 位照顧服務員為基準，開設時間 3 日以維持生命基本需求為主，14 日為滿足日常生活需求為主。

- 三、本計畫僅採用長照 1.0 失能程度分級標準，日常生活活動功能 (Activities of daily living，簡稱為 ADLs) 量表項目及工具性日常生活活動功能 (Instrumental activities of daily living，簡稱為 IADLs)，作為客觀的失能程度判斷；但因應大震災下不可預期之狀況，其失能程度分級僅作為災時之評估依據，在平時對象掌握，則依照長照主管單位之評估，進行造冊列管；災時失能程度若被判斷為輕度、中度失能，若失能項目中符合 1 項需要插管協助；本研究僅針對「一般避難所兼用特殊避難收容所」提出因應災後特殊避難需求空間與設施整備原則，其收容對象，為考量避難收容場所環境，應依災時主管機關判斷，排除易造成感染插管項目之使用者(如鼻胃管、氣切管、造瘻管等)，前述對象應優先送至長照相關機構收容。
- 四、現行的災害防救體制與建築法系，相互獨立易導致在建物前期規劃或改建上，對於空間要求並未將防災概念納入考量，僅能提供基礎避難空間；目前對於避難空間選定定位並未有明確依據，避難空間亦會隨著建物改建整修而有所變動，容易造成避難空間特殊性消失。
- 五、考量特殊避難需求者，現有的收容空間多分散在不同棟樓或樓層，在空間轉換上常因設置門檻或障礙物，而導致空間難以到達，應要思考在避難收容時，對於特殊避難需求者在空間活動上的易達性；在收容空間與重要設施(如廁所、淋浴間、熱水器等)距離較遠，多設置在空間兩端緊鄰樓梯或電梯，廁所設置上，並非皆為水平無障礙設計，因此難以及時應對高齡者與特殊需求者需求；目前雖有計算收容面積與人數，但在實際應用多擺放桌椅、圖書櫃、

雜物等，而可能導致實際可收容人數小於配置人數。

六、 依據研究示範地點之地區災害防救計畫，其防災避難收容處所的空間種類整理，主要避難收容場所多以公園(係以較大型的防災公園為主)、里(區)民活動中心、學校為主；收容空間類型，學校多半提供教室、會議室、體育館、室內球場、圖書室為主，行政機構以里(區)民活動中心，區公所的禮堂、會議室為主；綜前所述，收容空間類型可區分為二大類型，其一為獨立整體性空間，如體育館、室內球場、里(區)民活動中心，其二為單一群體性空間，如教室、圖書室、會議室等。

七、 人口密度低的地區，老年人口占比相對較高，而現有災防體制指定的收容空間，適用震災且符合弱勢安置其空間數量稀少，在資源整備與發展，因佔地廣闊空間分散，相較於人口稠密區較不完善。災時容易因交通阻斷而成孤島，導致救援不易，物資設備無法及時調度；因此位於山區的避難收容處所，平時物資儲備及設施整備，應特別考量特殊避難者之需求，避免災害發生時無法及時應變。

伍、參考文獻

中文文獻

1. 新北市板橋區公所(2019), 新北市板橋區地區災害防救計畫, 新北市：板橋區公所。
2. 新北市政府, 新北市各級災害應變中心作業要點(2020), 新北市：新北市政府
3. 臺南市政府(2016), 0206 地震災情專案工作報告, 臺南市議會第 2 屆第 6 次臨時會, 臺南：臺南市政府。
4. 臺南市政府社會局(2016), 0206 大地震防災業務報告-社會組, 臺南：臺南市政府災害應變告示網。
5. 內政部統計處 (2020), 109 年 12 月統計資料, 網址：<https://statis.moi.gov.tw/micst/stmain.jsp?sys=100> , 上網日期：2021/6/11。
6. 內政部營建署, 建築技術規則(2020), 臺北市：財團法人台灣建築中心。
7. 內政部營建署, 建築物無障礙設計設施規範(2019), 臺北市：內政部營建署。
8. 白櫻芳(2017), 從日本防災公園實施經驗探討我國都市公園之防災分工與建置方針, 新北市：新北市內政部建築研究所研究報告。
9. 何明錦、黃健二、陳建忠、郭香吟、徐宇珩、楊國昌、謝佳芬、張尚文(2005), 都市震災避難空間系統規劃設計及管理維護機制之研究, 臺北市：內政部建築研究所。
10. 何明錦、蔡綽芳(1999), 從九二一地震災後探討我國都市防災規劃與改善對策, 臺北市：內政部建築研究所報告。

日文文獻

1. 日本新潟市(2020), 避難所運営マニュアル初動編(第9版)(避難所營運指南啟動篇), 日本: 新潟市。
2. 日本文部科學省(2019), 防災機能強化事業の概要—学校施設環境改善交付金(防災機能強化事業概要—學校設施環境改善補助經費), 日本: 文部科學省。
3. 日本文部科學省(2020), 避難所となる学校施設の防災機能に関する事例集(作為避難所の學校設施防災機能案例分析), 日本: 文部科學省。
1. 日本北海道保健福祉部總務課(2021), 要配慮者に対する避難所の整備(因應特殊需求者的避難所整備), 日本: 北海道。
4. 日本靜岡縣健康福祉部(2018), 市町福祉避難所設置・運営マニュアル(県モデル)(市町福祉避難所設置營運指南), 日本: 靜岡縣。

英文文獻

1. Benson, W. F. (2017). “CDC’s Disaster Planning Goal: Protect Vulnerable Older Adults.” Atlanta (GA): U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention. Retrieved from https://www.cdc.gov/aging/pdf/disaster_planning_goal.pdf.
2. Americans with Disabilities Act(2007).”ADA Checklist for Emergency Shelters”:U.S Department of Justice,Civil Rights Division Disability Rights Section.
3. International Association of Venue Mangers(2010).”Mega-Shelter Planning Guide”:American Red Cross.
4. FEMA(2021).”COVID-19 Pandemic Operational Guidance.”U.S Department Of Security Homeland.

